

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Katedra hornického inženýrství a bezpečnosti



Vliv znečištění prostředí na výkon důlních chladičů větrů

The effect of environmental pollution on the power of mining air
conditioning

Diplomová práce

Autor:

Bc. David Ježíšek

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Pavel Zapletal, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Katedra hornického inženýrství a bezpečnosti

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Ježíšek**

Studijní program: N0724A290001 Těžba nerostných surovin

Téma: **Vliv znečištění prostředí na výkon důlních chladičů větrů**
The Effect of Environmental Pollution on the Power of Mining Air Conditioning

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Geologie a klimatické poměry dolů, způsob klimatizace
3. Charakteristika a technologický popis klimatizace zájmových oblastí
4. Měření mikroklimatických podmínek a výpočet chlazení zájmových oblastí
5. Vyhodnocení a návrh řešení dané problematiky
6. Závěr

Rozsah diplomové práce 50 - 70 normostran.

Seznam doporučené odborné literatury:

PROKOP, Pavel a Pavel ZAPLETAL. *Větrání dolů a lomů*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3295-1.

ŠÍŠKA, František. *Báňské vetranie*. Bratislava: Alfa, 1993. ISBN 80-05-01132-6.

Typizační směrnice větrání dolů, Ostrava 2013.

Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí.

Vyhláška ČBÚ č. 165/2002 Sb., o separátním větrání při hornické činnosti v plynujících dolech.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Pavel Zapletal, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020



doc. Ing. Pavel Zapletal, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení autora diplomové práce

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo. - Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠBTUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3). - Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO. - Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/> - Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona. - Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Orlové, 24. února 2020



.....
Bc. David Ježíšek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu doc. Ing. Pavlu Zapletalovi, Ph.D., za pomoc při návrhu, zpracování a vedení mé diplomové práce. Také bych rád poděkoval svým poradcům Ing. Romanu Škutovi, Antonínu Hofrovi a Bc. Kamilu Szuscikovi z firmy OKD, a.s. a firmě OKD, a.s., za ochotu a pomoc při zpracování diplomové práce, za poskytnutí potřebných podkladů a podporu při zpracování.

Anotace

V dolech OKD se pro zlepšení mikroklimatických podmínek využívá umělého chlazení větrů, pro správnou funkci chladičů větrů je důležité, aby byly dodrženy požadavky na údržbu a očistu. Vlivem znečištění důlního prostředí a nedokonalé očisty však dochází k postupnému snižování chladicího výkonu chladičů což má za následek ještě zhoršení již tak nepříznivých mikroklimatických podmínek na důlních pracovištích. Provedu měření a poukážu na nedostatky v údržbě chladicích jednotek. Výsledkem by měl být návrh technického zlepšení očisty chladičů větrů, což by mělo vést k optimální funkci chladičů s nezměněným chladicím výkonem a zlepšení mikroklimatických podmínek na důlních pracovištích.

Klíčová slova: klimatizační jednotka, mikroklimatické podmínky, důlní klimatizace, chladiče větrů

Summary

For the improvement of microclimatic condition in OKD colmine, the usage of man made air cooling for the correct function of the air conditioning is important in order to comply with the requirements for maintenance and cleaning .However, the impact of pollution in the mining enviroment and imperfect clensiness comes to gradual lowering of cooling output, which also means, worsening, already maligant microclimatic envoriment in the mining workplace.I will perform measuring which will show up any imperfections in the maintanance of air cooling units. The outcome of it should be a clear plan of technical improvement of cleaning the refregiration equipment, which should bring us to the optimal fuction of refrigeration equipment with unmodified cooling output and the improvement of microclimatic enviroment in the mining workplaces.

Keywords: air conditioning unit, climatic conditions, mining air conditioning, refrigeration equipment

Obsah

1.	ÚVOD	1
2.	GEOLOGIE A KLIMATICKÉ POMĚRY DOLŮ, ZPŮSOB KLIMATIZACE	2
2.1	GEOLOGIE OKD A KLIMATICKÉ POMĚRY DOLŮ	2
2.2	ZPŮSOB KLIMATIZACE DOLŮ OKD	4
3.	CHARAKTERISTIKA A TECHNOLOGICKÝ POPIS KLIMATIZACE ZÁJMOVÝCH OBLASTÍ	11
3.1	CHLAZENÍ DOLU ČSM	11
3.2	CHLAZENÍ DOLU ČSA	14
3.3	CHLAZENÍ DOLU DARKOV	15
3.4	CHARAKTERISTIKA A POPIS KLIMATIZACE ZÁJMOVÝCH OBLASTÍ	17
3.4.1	<i>Důl Darkov</i>	<i>17</i>
3.4.2	<i>Důl ČSM</i>	<i>18</i>
4.	MĚŘENÍ MIKROKLIMATICKÝCH PODMÍNEK A VÝPOČET CHLAZENÍ ZÁJMOVÝCH OBLASTÍ	19
4.1	MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY V HLUBINNÝCH DOLECH	20
4.2	TEPELNÉ PRODUKCE ORGANISMU	21
4.3	TEPLOTNÍ PROJEVY DŮLNÍHO PROSTŘEDÍ	23
4.4	ZPŮSOBY ZLEPŠENÍ MIKROKLIMATICKÝCH PODMÍNEK PŘIROZENOU CESTOU	26
4.5	STROJNÍ CHLAZENÍ	27
4.6	PRAŠNOST	29
4.7	TYPY POUŽÍVANÝCH CHLADIČŮ VĚTRŮ	32
4.8	PROVOZNÍ SITUACE PO NAsAZENÍ CHLADIČŮ VĚTRŮ	34
4.9	MODELOVÝ PŘÍKLAD NAsAZENÍ CHLADIČE VĚTRŮ RWK 300 NA TŘÍDĚ Č. 2071 NA 10. PATŘE	38
4.9.1	<i>První fáze měření</i>	<i>41</i>
4.9.2	<i>Druhá fáze měření</i>	<i>44</i>
4.9.3	<i>Porovnání první a druhé fáze měření</i>	<i>47</i>
4.10	MĚŘENÍ 4 KS CHLADIČŮ VĚTRŮ RWK 300 A RWK 1200 NA RŮZNÝCH MÍSTECH A V RŮZNÝCH PODMÍNKÁCH NA DOLECH DARKOV A ČSM-SEVER	48
4.10.1	<i>Důl Darkov – třída č. 340 922</i>	<i>49</i>
4.10.2	<i>Důl Darkov – třída č. 340 942</i>	<i>51</i>
4.10.3	<i>Důl Darkov – třída č. 2098</i>	<i>54</i>
4.10.4	<i>Důl ČSM – třída č. 5000/1</i>	<i>57</i>
4.10.5	<i>Celkové vyhodnocení měření</i>	<i>58</i>
4.11	VÝPOČET CHLADICÍHO VÝKONU	59
5.	VYHODNOCENÍ A NÁVRH ŘEŠENÍ DANÉ PROBLEMATIKY	62
5.1	NÁVRH DOVYBAVENÍ STÁVAJÍCÍCH CHLADIČŮ VĚTRŮ RWK 300 A RWK 1200	62
5.2	NÁVRH TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ	64
6.	ZÁVĚR	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ	69
	SEZNAM TABULEK	71
	SEZNAM GRAFŮ	72

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

OKD, a.s.	Ostravsko-karvinské doly, akciová spoločnosť
BP	Bezpečnostní předpisy
IDV	Typové označení výrobce - agregát nepřímého chlazení
RWK	Typové označení výrobce - chladič větrů
WLE	Typové označení výrobce - elektrický ventilátor
VPAK	Typové označení výrobce - kombinovaný ventilátor
CPW	Typové označení výrobce - chladič větrů

1. ÚVOD

Vlivem důlně-geologických podmínek a prací spojených s dobýváním horniny, dochází k značnému nárůstu oteplení důlních větrů. Po vyčerpání všech možností přirozeného ochlazení důlních větrů, jsme nuceni přistoupit z důvodu vytvoření příznivého pracovního prostředí k umělému chlazení důlních větrů. K tomuto účelu jsou na jednotlivých hlubinných dolech vybudovány provozovny důlní klimatizace. Provozovny byly dimenzovány a vybaveny chladicími jednotkami s ohledem na velikost důlního pole a potřebný chladičí výkon. Provozovny jsou provozovány v nepřetržitém režimu se stálou obsluhou. V kombinaci s úsekovými chladiči větrů se stala důlní klimatizace nedílnou součástí vybavení důlních pracovišť zajišťující vhodné mikroklimatické podmínky. Pomocí plně funkčních chladičů větrů a provozoven důlní klimatizace jsme schopni provádět důlní činnost i v místech, kde by dle bezpečnostních předpisů nebylo možné dobývat. U strojního zařízení, zajišťující nám chlazení, je však třeba provádět pravidelnou očistu a údržbu.

V práci je poukázáno na to, jakým způsobem znečištění chladičů důlních větrů může ovlivnit mikroklimatické podmínky na pracovištích. Jak důležitá je očista a údržba těchto chladičů větrů.

Výsledkem bude návrh instalace technických prostředků, které nám zaručí provoz chladičů s maximálním chladicím výkonem. Vytvoříme tím příznivé pracovní podmínky, dojde k plnému využití pracovní doby a tím vyšší efektivitě provozu.

2. GEOLOGIE A KLIMATICKÉ POMĚRY DOLŮ, ZPŮSOB KLIMATIZACE

Společnost OKD má v současnosti čtyři činné doly, které hlubinným způsobem těží černé uhlí v jižní části Hornoslezské uhelné pánve. Každý ze čtyř dolů, Důl Darkov, Důl ČSM-Sever, Důl ČSM-Jih, Důl ČSA, má jiné úložní poměry. Z důvodu nevyhovujících klimatických podmínek byly na všech dolech vybudovány provozovny centrální klimatizace

2.1 Geologie OKD a klimatické poměry dolů

Ostravsko-karvinská uhelná pánev je součástí Hornoslezské pánve, která z větší části leží na území sousedního Polska. Celá rozloha je přibližně 7000 čtverečních kilometrů, z toho však na Českou republiku připadá jen asi 1 500 čtverečních kilometrů. Jde o území v okolí Ostravy, Karviné, Českého Těšína, Frýdku-Místku a Frenštátu pod Radhoštěm, kde se nacházejí uhlonosné vrstvy karbonského stáří.

V současné době jsou podmínky na jednotlivých dolech OKD z hlediska důlního mikroklimatu takové, že nám již nedovolují vystačit si s přirozenou úpravou mikroklimatu důlních větrů. Teplota hornin s narůstající hloubkou uložení sloje narůstá razantněji a progresivněji, než se původně uvažovalo. Měřením bylo zjištěno, že teploty hornin v nejnižších částech dosahují hodnot až kolem 50°C. S nárustem hloubky se mění i hodnoty geotermického gradientu, respektive geotermického stupně. Doposud se počítalo při projektování důlních pater s hodnotou průměrného geotermického stupně $G_{gr} = 0,033 \text{ [K} \cdot \text{m}^{-1}]$, který byl získán výpočtem z teplot hornin naměřených v hloubkách - 500 až - 800 m. Při posledních měřeních teplot hornin v nejhlubších patrech činných dolů vychází geotermický gradient pro hloubku -1000 m hodnota $G_{gr} = 0,045 \text{ [K} \cdot \text{m}^{-1}]$ a pro hloubku - 1200 m vychází hodnota, která je spočítána programem na $G_{gr} = 0,055 \text{ [K} \cdot \text{m}^{-1}]$. Také ostatní faktory určující důlní mikroklima narůstají. Nelze tak účinně zvyšovat objemový průtok větrů např. z důvodu nejvyšší dovolené rychlosti větrů v porubech. Souhrn těchto faktorů znamená, že jsou kladeny stále vyšší požadavky na umělé chlazení větrů, tedy důlní klimatizaci. [1]

V OKD bylo pomocí přístrojů ADECA1 a dle postupů převzatých dle GIG provedeno měření na všech činných dolech v roce 2012.

Pro výpočet geotermického stupně byla přijata hodnota průměrné roční teploty ovzduší 8,1°C. Měření byla prováděná v hloubkách od 500 m do 1000 m. (tabulka 1)

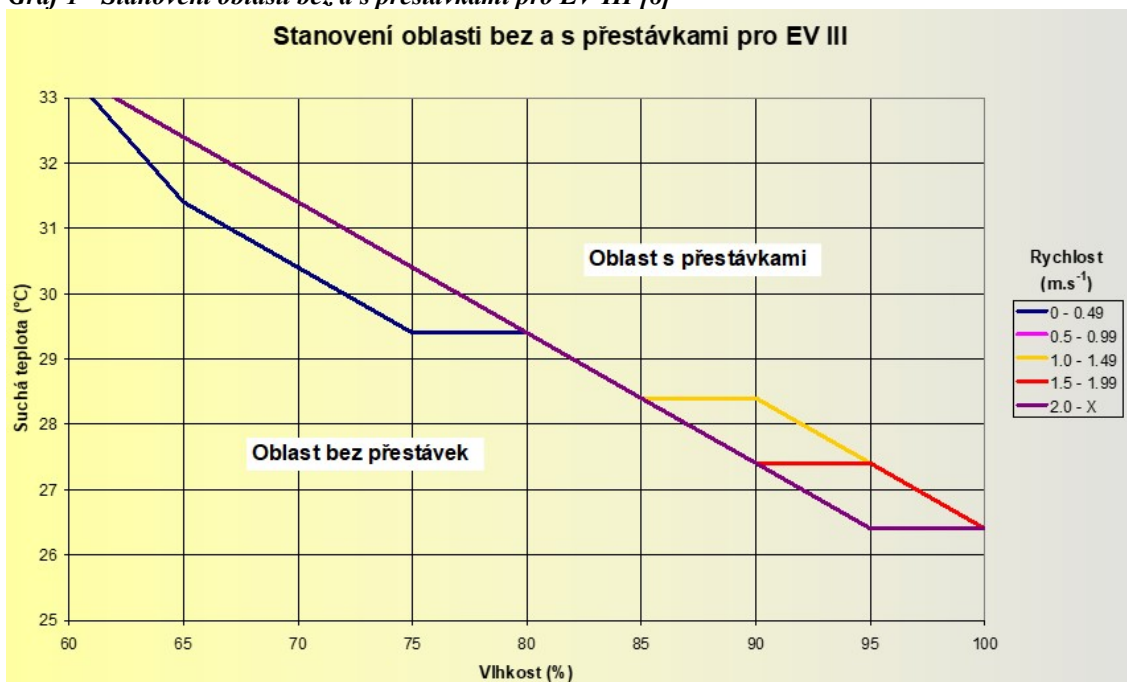
Tabulka 1 - Teploty hornin v OKD

	Důl ČSM	Důl Darkov	Důl ČSA
Kóta povrch (m)	280	240	230
G _{st} -geotermický stupeň (m/°C)	28,8	28,3	30,6
R _t -teplotní gradient (°C/100 m)	3,47	3,53	3,27
Teplota (°C) v hloubce – 700 m	37,4	41,9	39,3
Teplota (°C) v hloubce – 800 m	40,3	45,4	41,5
Teplota (°C) v hloubce – 900 m	43,3	48,9	44,8
Teplota (°C) v hloubce – 1000 m	46,3	52,4	48,0

Z výsledků měření je zřejmé, že s narůstající hloubkou narůstá také teplota prostředí a bez důlní klimatizace se v OKD již neobejdeme.

Pro příklad v grafu 1 je uvedeno zjednodušené hodnocení mikroklimatických podmínek a stanovení přípustné doby práce v dolech OKD dle předpisů vydaných hygienickým orgánem.

Graf 1 - Stanovení oblastí bez a s přestávkami pro EV III [8]



Mikroklimatické podmínky na pracovištích v dolech jsou charakterizovány suchou a mokrou teplotou (t_a , t_m), relativní vlhkostí větrů (rh nebo ϕ) a rychlostí větrů (v). Zadáním a porovnáním hodnot v grafu 1 zjistíme, zda dané důlní prostředí vyhovuje hygienickým předpisům a daná oblast bude dobývána bez nebo s přestávkami v práci. Instalací umělého chlazení, tedy chladičů větrů, lze dosáhnout toho, že pracoviště zařazená do oblasti s přestávkami v práci, lze na základě měření přesunout do oblasti bez přestávek v práci nebo výrazně snížit počet přestávek. Což v konečném důsledku vede k zefektivnění práce, a to je hlavní důvod důlní klimatizace.

2.2 Způsob klimatizace dolů OKD

V OKD slouží k ochlazení důlních větrů stroje pracující na principu chlazení vypařováním chladicí látky proudící v uzavřeném okruhu. Účelem chladicího zařízení je odnímat teplo důlním větrům. Teplo, které odebereme, musíme předat jiné látce a to chladivu. Chladivo má nižší tepelnou hladinu než důlní větry. Stálým předáváním tepla by se teplota chladiva a důlních větrů vyrovnala, proto je třeba předat teplotu chladiva jiné látce, v tomto případě je to voda. Chladivo proto musí mít vyšší teplotu než chladicí voda. Zvýšení teploty dosáhneme mechanickou prací kompresoru přeměněnou na teplo. Stroje jsou vybaveny pístovými nebo rotačními kompresory. Využíváme takové teploty, při níž

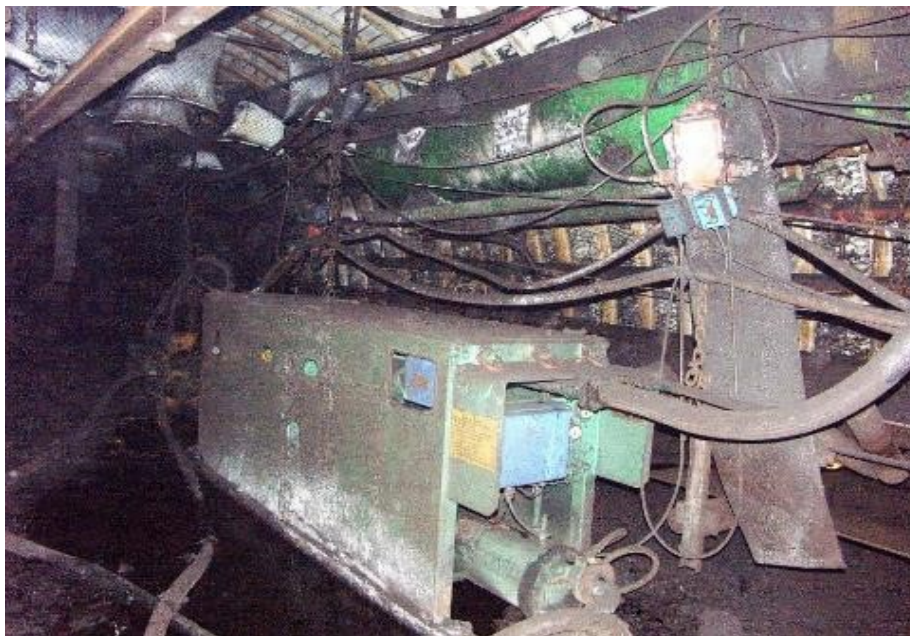
dochází ke změně skupenského stavu chladiva, a to jak při předávání, tak i odnímání tepla chladivu. Těmto oběhům, při nichž dojde ke změně skupenského stavu chladiva, říkáme oběhy parní nebo častěji používané oběhy kompresorové.

Kompresor zajišťuje v chladicím okruhu oběh chladiva. Stlačuje a dopravuje páry chladiva z nízkotlaké do vysokotlaké části chladicího okruhu. Kompresí se páry přehřejí. Tyto páry se pomocí potrubí vedou do kondenzátoru, kde dojde k odebrání tepla chladicí vodou a zkapalnění chladiva. Do výparníku je přiváděna chlazená voda a tím dojde k předání tepla z chlazené vody do kapalného chladiva. Chladivo je na teplotě varu, dojde ke změně skupenství. Vzniklé páry chladiva jsou odsávány kompresorem do kondenzátoru a děj se opakuje.

Rozeznáváme dva druhy chlazení dle styku s důlními větry:

- Přímé, mobilní chlazení důlních větrů, s jedním okruhem chladicí vody,
- Nepřímé, stacionární chlazení důlních větrů, se dvěma okruhy chladicí vody.

U chlazení přímého se využívá k ochlazení větrů výparník, ve kterém koluje chladivo a k ochlazení dochází přímým odevzdáním tepla chladivu. To je dále nasáváno kompresorem do mobilní jednotky chlazení.



Obrázek 1 - Kompresorová jednotka DV 150 [zdroj: autor práce]

U nepřímého chlazení se v prvním okruhu přes výparník ochladí nejdříve voda, která poté přebírá funkci chladicího média a pomocí potrubního rozvodu a čerpadel je rozváděna ve druhém okruhu až na chlazené pracoviště do úsekových chladičů důlních větrů.



Obrázek 2 - Komora centrální klimatizace [zdroj: autor práce]

Chladivo je chemická látka, která odnímá teplo z chlazené látky. Abychom mohli použít chladivo v parním okruhu, musí vyhovovat určitým požadavkům. Při pracovních teplotách v parním okruhu musí mít chladivo přiměřený, technicky zvládnutelný tlak, a to jak v nízkotlaké, tak i ve vysokotlaké části chladicího okruhu. Mělo by mít dostatečně velkou objemovou chladivost, tj. velkou hmotovou chladivost a malý měrný objem par.

Chladivo by mělo mít vhodné termodynamické vlastnosti. Ty se posuzují porovnáním účinností, tj. poměrem chladicího faktoru parního oběhu a Carnotova cyklu. Stejně tak by chladivo mělo mít vhodné fyzikální vlastnosti, aby přestup tepla při vypařování a kondenzaci byl dostatečně vysoký. K materiálům, s kterými přichází v chladicím okruhu do styku, by se mělo chovat neutrálně a v okruhu by mělo být chemicky stálé. Vzájemné působení chladiva s dalšími látkami v chladicím okruhu by mělo být přiměřené, pokud jde o vzájemnou mísitelnost chladiv s vodou a chladiv s oleji.

Chladivo by nemělo být hořlavé ani výbušné ve směsi se vzduchem. Chemicky stálé by mělo být i ve směsi se vzduchem, a to i při extrémních podmínkách. Chladivo by nemělo být jedovaté, ani nijak zdravotně závadné.

Chladiva jsou označena chemickými vzorci a názvy. Protože se zejména u nových chladiv stalo toto označování velmi složité, označují se chladiva obchodními názvy a čísla dle určitého systému. Aby se označování v technické literatuře sjednotilo, bylo Mezinárodní normalizační komisí (ISO) rozhodnuto používat pro chladiva označení R, před které může být uvedeno i slovo chladivo, a dále číselné označení. Pro číselné označení se používá systém zavedený prvním výrobcem těchto nových chladiv, klasická chladiva a chladiva, u kterých nelze použít předchozí systém, se označují pořadovými čísly.

V OKD a.s. v současné době používáme v uzavřených okruzích chladicích jednotek z přírodních (klasických) chladiv pouze R 717 čpavek a dále jsou používána fluorovaná chladiva s označením R 134a a R 449a.

- **Přírodní (klasické) chladiva** jsou takové sloučeniny, které se objevují v přírodních biochemických procesech. Nepoškozují ozonovou vrstvu a nepřispívají ke globálnímu oteplování – nebo jen zanedbatelně. Díky vysoké efektivitě mají přírodní chladiva také malou nepřímou uhlíkovou stopu.

Čpavek - Amoniak NH_3

Čpavek je při vyšších teplotách hořlavý a výbušný, proto se v dole z bezpečnostních důvodů nesmí používat. Používá se však v povrchových chladicích zařízeních pro své příznivé tlakové a teplotní poměry při zkapalňování a vypařování. Čpavek se dá zkapalnit v pohyblivou bezbarvou kapalinu vroucí při teplotě -33°C za normálního tlaku. Při normálních odpařovacích teplotách je tlak vyšší než atmosférický, takže vzduch nevniká do chladicího okruhu. Čpavek je bezbarvý, silně zapáchající plyn. V případě netěsností je lehce identifikovatelný.

Tabulka 2 - Technické parametry chladiva R 717 [7]

Název:	Amoniak, (čpavek) bezvodý
Obchodní název:	Čpavek 2.8, čpavek 3.8, čpavek 5.0, čpavek 6.0
Jiný název:	R 717
Chemický název:	Amoniak, bezvodý
Chemický vzorec:	NH ₃
Identifikační číslo EU:	007-001-00-5
Č.CAS	7664-41-7
Registrační č. REACH	01-2119488876-14
ES-číslo	231-635-3

Zařízení vedoucí čpavek nesmí být vyrobeno z mědi a jejích slitin. Při smíšení se vzduchem je výbušný a hořlavý. Meze výbušnosti jsou 13,1 % a 28,6 % čpavku ve vzduchu, nejvýbušnější je při koncentraci 21,83 %. Je nedýchatelný, dochází k podráždění dýchacích orgánů a očí, 2 % jsou již smrtelná. Čpavek se rozkládá při vysokých teplotách. Páry oleje s čpavkem se mohou při vyšší teplotě vznítit, proto se nesmí svařovat při plném potrubí.

Fluorovaná chladiva

Pro chladicí zařízení umístěná v dole i na povrchu se momentálně používají v OKD jako chladiva částečně fluorované uhlovodíky s označením R 134a a R 449a.

Částečně fluorované uhlovodíky - F - plyny (HFC, PFC a SF₆) jsou uměle vyráběné chemické látky, které se používají v několika různých odvětvích a aplikacích. Od 90. let představují široce používanou náhražku za některé látky poškozující ozonovou vrstvu, které se v té době používaly ve většině aplikací, např. chlorfluorovaných uhlovodíků (CFC) a hydrochlorfluorovaných uhlovodíků (HCFC) a které byly vyřazeny z používání na základě Montrealského protokolu.

• Chladivo R 134a

Chladivo R134a je po více než 20 let velmi úspěšně používáno v celé řadě aplikací, je nejrozšířenějším chladicím plynem pro klimatizační systémy. R134a má hodnotu

potenciálu globálního oteplování GWP (Global Warming Potential) 1430 a vytváří přímé emise skleníkových plynů, které přispívají k celkovým emisím v ekvivalentu CO₂ (uhlíkové stopě). Rostoucí pozornost k environmentálním dopadům používání chladiv je hnacím motorem pro hledání dlouhodobě udržitelného řešení, které poskytne dobrý chladičí výkon s nižším negativním vlivem na globální oteplování.

Tabulka 3 - Technické parametry chladiva R134a [7]

Název:	R 134a
Obchodní název:	SOLKANE 134a
Jiný název:	HFC 134a, HFA 134a
Chemický název:	111,1,1,2 – Tetrafluorethan
Chemický vzorec:	CF ₃ -CH ₂ F
ES-číslo:	212-377-0
Klasifikace ASHRAE:	A1-netoxický, nehořlavý
Č.CAS:	811-97-2
ES-číslo:	212-377-0
Bod varu při 101,3kPa:	-26,3 °C
Kritická teplota:	101,1 °C
Kritický tlak:	40,6 bar
ODP:	0
GWP:	1430
GWP jako % podíl R134a:	100 %
Vlastnosti:	Bezbarvý, lehce éterický, nevýbušný plyn

- **Chladivo R 449a**

R449a (Opteon® XP40) je chladivo ze skupiny hydrofluoro-olefinů (HFO) s nulovým potenciálem poškození ozónové vrstvy (ODP) a s nízkým potenciálem globálního oteplování (GWP). Toto chladivo bylo vyvinuto jako náhrada za R404a/R507 do zařízení pro komerční a průmyslové chlazení s objemovými kompresory (pístové, rotační, Scroll) s přímou expanzí pro nízké a střední teploty. Opteon® XP40 je vhodný pro nová zařízení stejně jako pro retrofit stávajících zařízení. Nabízí srovnatelnou energetickou účinnost s menší zátěží pro životní prostředí.

- Nepoškozuje ozónovou vrstvu, má nízký potenciál GWP
- Bezpečný, nehořlavý – klasifikace ASHRAE²⁾ A1
- Po úniku může být doplňováno

Tabulka 4 - Technické parametry chladiva R449a [7]

Označení ASHRAE	R449a
Složení %	R32 / R125 / R1234yf / R134a 24,3 / 24,7 / 25,3 / 25,7
Obchodní název	Opteon[®] XP40
Molární hmotnost	87,2 g/mol
Bod varu při 1 atm (101,3 kPa)	-46,0 °C
Kritický tlak	4447 kPa
Kritická teplota	81,5 °C
Hustota kapaliny při 21,1 °C	1113,3 kg/m ³
ODP (CFC ₋₁₁ = 1.0)	0
AR4 GWP (CO ₂ = 1.0)	1397
Klasifikace ASHRAE	A1 – netoxický, nehořlavý
Vlastnosti	Čirý plyn, lehký zápach po etheru
Teplotní skluz	~4 K

3. CHARAKTERISTIKA A TECHNOLOGICKÝ POPIS KLIMATIZACE ZÁJMOVÝCH OBLASTÍ

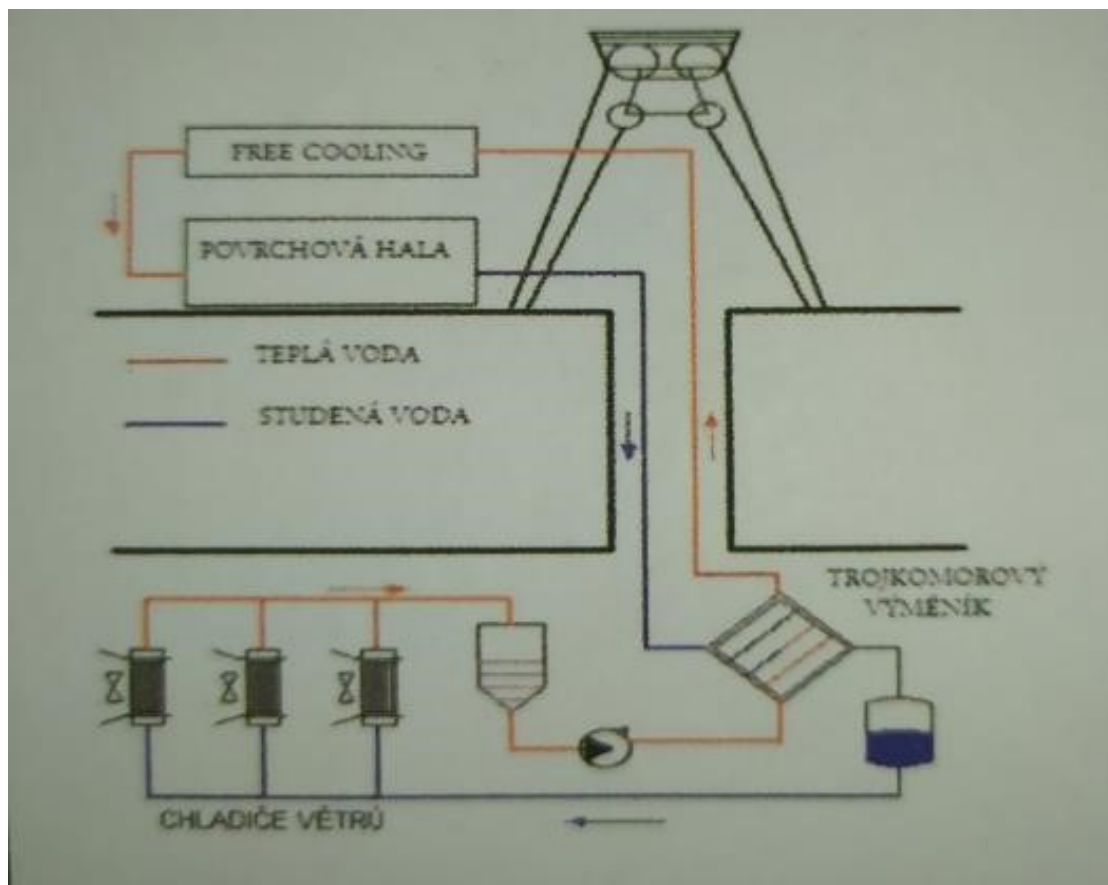
Na všech dolech OKD byly vybudovány a jsou v provozu provozovny centrální klimatizace. Každá z provozoven má svá specifika a jiné umístění. Společná provozovna centrální klimatizace pro doly ČSM Jih a ČSM Sever byla vybudována na povrchu dolu ČSM Jih. Svým chladicím výkonem je schopna pokrýt spotřebu obou dolů i oblast 5. kry dolu Darkov. Na dole Darkov je provozovna centrální klimatizace umístěna v dole na úrovni 10. patra. Důl ČSA má stejně jako doly ČSM provozovnu centrální klimatizace umístěnou na povrchu. O provoz povrchových provozoven se starají dodavatelské firmy, na dole Darkov je obsluha provozovny řešena zaměstnanci dolu z úseku důlní klimatizace.

3.1 Chlazení dolu ČSM

Důl ČSM je rozdělen na dva doly ČSM Jih a ČSM Sever. Chlazení důlních pracovišť zajišťuje společná stacionární centrální klimatizace umístěná na povrchu na závodě ČSM Jih. S výstavbou se započalo v roce 2006 a v roce 2007 byla uvedena do provozu. Povrchová provozovna centrální klimatizace je vybavena 3 ks chladicích jednotek typu IDV 600. Jedná se o Grasso šroubový kompresor S1 osazený do chladicí jednotky firmy WAT (Wärme-Austausch-Technik GmbH) se dvěma kondenzátory a dvěma výparníky. Jako chladiva je zde použito čpavku. Celkový chladicí výkon je 18,0 MW.

Chladicí voda vyráběná v chladicích jednotkách IDV 600 je následně dopravována pomocí čerpadel a potrubí do tříkomorového revolverového výměníku umístěného v provozovně SIEMAG MTEC2 na úrovni – 806 m. Zde dochází ke snížení tlaku v primárním rozvodu z povrchové provozovny a přerozdělení do šesti sekundárních rozvodných uzlů v dole.

Dále je chladicí voda již o sníženém tlaku distribuována potrubím do úsekových chladičů větrů na pracovištích. V současné době je v provozu na obou závodech dolu ČSM 22 ks úsekových chladičů větrů typu RWK 300, RWK 1200 a 4 ks porubových chladičů větrů typu SPK 30 a SPK 35.



Obrázek 3 - Systém chlazení větrů Důl ČSM [8]



Obrázek 4 - Budova povrchové centrální klimatizace Důl ČSM [8]



Obrázek 5 - Provozovna centrální klimatizace Důl ČSM [8]



Obrázek 6 - Kompresorová jednotka Důl ČSM [8]



Obrázek 7 - trojkomorový výměník v důlní provozovně SIEMAG [8]

3.2 Chlazení dolu ČSA

Stacionární centrální klimatizace umístěná na povrchu dolu ČSA, provozovaná firmou Veolia. Systém chlazení a rozvodu chladicí vody je totožný se systémem na dole ČSM. Jako chladiva v okruhu chladicích jednotek je však použito chladivo s označením R 134a. V současné době je v provozu na dole ČSA 8 ks úsekových chladičů větrů typu RWK 300, RWK 1200.



Obrázek 8 - budova povrchové centrální klimatizace na dole Karviná [zdroj: autor práce]

3.3 Chlazení dolu Darkov

Oblast dolu Darkov je ochlazována ve dvou různých, na sobě nezávislých okruzích chlazení důlních pracovišť.

Pro chlazení pracovišť prvního okruhu, v oblasti 9. kry, byla v roce 2004 postavena provozovna Centrální klimatizace na úrovni 10. patra větrní oblast výdušné jámy Mír 4.

Jedná se chladicí systém stacionární, patrový s otevřeným okruhem chladicí vody. Provozovna byla v roce 2008 modernizována a pro zvýšení chladicího výkonu vybavena 5 ks jednotek nepřímého chlazení typu IDV 600. Jedná se o Grasso šroubový kompresor S1 osazený do chladicí jednotky firmy WAT (Wärme-Austausch-Technik GmbH) se dvěma kondenzátory a dvěma výparníky o štítkovém výkonu 3,0 MW. Jako chladicí médium je zde použito chladivo R 134a.

Pro chlazení oblasti 5. kry dolu Darkov se využívá k chlazení pracovišť chladicí voda ze stacionární centrální klimatizace umístěné na povrchu dolu ČSM - Jih o chladicím výkonu v průměru 1,5 MW. Tato je přiváděná přes důlní provozovnu SIEMAG MTEC2 do oblasti č. 6 – Darkov pomocí potrubí a pomocného čerpadla umístěného na tř. 236 560.

V současné době je v provozu na dole Darkov 9 ks úsekových chladičů větrů typu RWK 300 a RWK 1200 a 6 ks porubových chladičů větrů SPK 30 a SPK 35.



Obrázek 9 - Komora centrální klimatizace důl Darkov [zdroj: autor práce]



Obrázek 10 - Kompresorová jednotka IDV 600 důl Darkov [zdroj: autor práce]

3.4 Charakteristika a popis klimatizace zájmových oblastí

Pro měření jsem zvolil čtyři chladiče větrů RWK umístěné v různých podmínkách, chladičí rozdílů důlní díla, ustavena na počvě i zavěšena nad pásovým dopravníkem a na dvou dolech. Očistu provádí vždy úsek, v jehož delimitaci se chladič nachází.

3.4.1 Důl Darkov

Třídy č. 340 922 a 340 942

Jedná se o ražbu úvodní třídy č. 340 922 v profilu K 14 a výdušné třídy č. 340 942 v profilu K 16 budoucího porubu č. 340 902. Porub bude dobýván z pole směrným stěnováním na řízený zával. Ražba je vedena ve 40. sloji v plném profilu uhlí.

Pro ovětrání obou tříd je použit sací způsob větrání s průměrem luten ϕ 800 mm a s použitým ventilátorem typu WLE 1005 B umístěným v průchodním větrném proudu. Technologie na ražbě je použit razicí kombajn AM – 50.

Na základě tepelné bilance pracovišť je zřejmá nutnost použití strojního chlazení důlních větrů na obou ražených třídách. K chlazení byl použit systém s nepřímým chlazením větrů pomocí chladičů důlních větrů typu RWK 300 a ventilátoru WLE 804 A na úvodní třídě a ventilátor VPAK2 630 na výdušné třídě.

Chladiče větrů jsou umístěny v případě třídy č. 340 922 vedle pásu centrálního odtěžení a v případě třídy č. 340 942 nad pásem centrálního odtěžení.

Třída č. 2098

Jedná se o překop. K chlazení byl použit systém s nepřímým chlazením větrů pomocí chladiče důlních větrů typu RWK 1200 s ventilátorem typu WLE 804 A. Chladič sloužil k chlazení důlních větrů pro již vydobytý porub č. 40 906. V současné době chladí oblast čerpací stanice. Chladič je umístěn nad pásem centrálního odtěžení.

3.4.2 Důl ČSM

Třída č. 5000/1

Jedná se o spojovací překop na důl Darkov. K chlazení byl použit systém s nepřímým chlazením větrů pomocí chladiče důlních větrů typu RWK 300 s ventilátorem typu WLE 804A. Chladič je umístěn nad pásem centrálního odtěžení.

4. MĚŘENÍ MIKROKLIMATICKÝCH PODMÍNEK A VÝPOČET CHLAZENÍ ZÁJMOVÝCH OBLASTÍ

Pro stanovení a vyhodnocení mikroklimatických podmínek na důlních pracovištích byla vydána metodika měření, která obsahuje měření **mikroklimatických podmínek a stanovení přípustné doby práce**.

Mikroklimatické podmínky na pracovištích se v České republice od 1. 1. 2008 posuzují podle **Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.**, v platném znění, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Zátěž teplem se hodnotí z hlediska její krátkodobé a dlouhodobé únosnosti pro zaměstnance. Dlouhodobě únosná zátěž teplem je limitována množstvím vody ztracené při práci z organismu potem a dýcháním. Vyjadřuje se jako dlouhodobě únosná doba práce. Krátkodobá únosná zátěž teplem je limitována množstvím akumulovaného tepla v organismu, které nesmí překročit pro zaměstnance aklimatizovaného i neaklimatizovaného 180 kJ/m². Vyjadřuje se jako krátkodobě únosná doba práce. Dlouhodobě a krátkodobě únosné doby práce v zátěži teplem na pracovištích hlubinných dolů jsou stanovené v tabulkách č. 1 až 45 (posuzováno dále pro celkový průměrný energetický výdej 150 až 169 W/m² - třídy EV III.) a stanovení režimu práce a odpočinku na těchto pracovištích upravuje příloha č. 1 k tomuto nařízení vlády, část C. Na pracovištích, kde krátkodobě přípustná doba práce (t_{\max}) a dlouhodobě přípustná doba práce (t_{sm}) podle tabulek č. 1 až 45 je shodná, nemusí být stanoven režim práce a bezpečnostní přestávky, avšak směnová efektivní pracovní doba (PD_{ef}) nesmí překročit dlouhodobě přípustnou dobu práce (t_{sm}). [9]

Mikroklimatické podmínky na pracovištích v dolech jsou charakterizovány suchou a mokrou teplotou (t_a, t_m), relativní vlhkostí větrů (rh nebo ϕ) a rychlostí větrů (v).

Podstata metody spočívá ve změření parametrů mikroklimatických podmínek v konkrétně stanovených měřicích bodech pro jednotlivá pracoviště. Měřicí bod je úsek důlního díla, ve kterém se provádí měření. Je závislé na místech pobytu, na kterých se musí pracovník dle provozní dokumentace zdržovat, a na době (T), kterou na těchto místech stráví. Měření mikroklimatických podmínek se provádí jak na pracovištích větraných průchodním větrným proudem, tak na pracovištích se separátním větráním. Měření mikroklimatických podmínek se provádí na každém novém důlním pracovišti po dosažení běžného provozního režimu při zachování stejné technologie ve stejných geologických podmínkách. [9]

V určených místech měření u všech uvedených typů důlních děl se musí měřit parametry mikroklimatu: rychlost proudění větrů - v , teplota suchá - t_s , teplota mokrá - t_m , případně relativní vlhkost - rh (ϕ). Relativní vlhkost stanovíme z naměřených hodnot obou teplot nebo ji měříme přímo.[3]

Měření se provádí na takových místech měření, kde pracovní doba činí alespoň 10 % trvání směny. Měření se provádí ve výšce 165 cm nad počvou (podlahou), u sedícího člověka ve výšce 105 cm nad počvou (podlahou), v případě důlního díla nižšího než 2 metry ve dvou třetinách výšky profilu. Ve zvláštních případech určí způsob měření orgán hygienické služby. [3]

4.1 Mikroklimatické podmínky v hlubinných dolech

Správné stanovení vlivu jednotlivých meteorologických činitelů na člověka a na produktivitu jeho práce v hlubinných dolech je základním předpokladem pro posuzování vhodnosti mikroklimatických podmínek na pracovištích a pro stanovení přípustných hranic, v nichž je možno pracovat za normálních pracovních podmínek a celou pracovní dobu. Hranice přípustných mikroklimatických podmínek panujících na daných pracovištích je signálem k řešení těchto nevyhovujících podmínek a návrhu pro zlepšení, tedy návrh umělého chlazení důlních větrů. Měřítkem pro stanovení fyziologického stavu osob vykonávajících práce, které jsou zařazené do tříd v hlubinném dole, pro různé hodnoty teplot, relativní vlhkosti a rychlosti proudění větrů, je měření fyziologických parametrů, jako je tepová frekvence, výdej potu a tepelná bilance člověka. Určit tyto hranice však není tak jednoznačné a je zde mnoho faktorů, které přímo toto ovlivňují. Je nutné při určování hranic přihlížet i k dalším okolnostem, zda se jedná o aklimatizovanou osobu (pracuje na daném pracovišti déle než 3 týdny) a tepelný odpor oděvu. Na základě těchto všech parametrů byly stanoveny doporučené hodnoty teplot vzduchu pro hlubinné doly. Teplota prostředí na pracovišti daleko více ovlivňuje produktivitu práce než další faktory, s kterými se potýkáme v hlubinných dolech, a to zejména hluk a nežádoucí škodliviny. Vlivem nepříznivých mikroklimatických podmínek a nepřiměřenou dobou strávenou na pracovišti, by mohlo dojít k poškození organismu. Teplotu organismu je nutné udržovat v úzkém tepelném rozmezí. K poškození buňky v organismu dochází při teplotě vyšší než 45°C a teploty nad 41°C snáší buňka jen poměrně krátkou dobu. Při metabolických pochodech v lidském těle i v klidu, vzniká teplo. Vlivem okysličení živin,

zejména pak při fyzické práci, vzniká teplo rychleji a ve větší míře. Z organismu musí být přebytečné teplo odvedeno do okolního prostředí tak, aby nedošlo k přehřátí, tedy k nežádoucímu zvýšení teploty organismu nad normální hodnotu kolem 37 °C. Termoregulační systém lidského organismu je účinný, k porušení tepelné rovnováhy dochází až při velkém fyzickém zatížení organismu v horkém a vlhkém prostředí. Při nadměrné vlhkosti prostředí pot stéká po těle, neodpařuje se tedy a přebytečné teplo z těla je nedostatečně odváděno, tím může dojít v poměrně krátké době k selhání organismu. Jde tedy o to, aby teplo produkované v těle, bylo odvedeno vedením, prouděním, sáláním nebo odpařováním. Pokud k tomu nedojde, člověk ztrácí pocit pohody a jeho pracovní schopnost klesá.

4.2 Tepelné produkce organismu

Předpokládá se, že metabolická produkce organismu za rovnou energetickému výdeji. Energetický výdej (EV) se vyjadřuje v brutto hodnotách, tj. v hodnotách zahrnujících i bazální metabolismus v přepočtu na 1 m² (W.m⁻²). Jednotlivé důlní činnosti a profese se z hlediska energetického výdeje zařazují do osmi tříd (třídy EV I. až VIII.). Zařazení důlních činností a profesí do jednotlivých, jak je uvedeno v tabulce. [3]

Tabulka 5 - Třídy práce podle průměrného energetického výdeje (EV) na důlním pracovišti [3]

Třídy práce dle EV na důlních pracovištích	Příklady důlních činností a profesí s podobným energetickým výdejem (EV u silně označených profesí byl změřen)	EV = Průměrný energetický výdej v dole v Wm ⁻²
EV - I.	- práce spojená s malým energetickým výdejem, který nebyl změřen v důlních podmínkách	110 - 129 Wm ⁻²
EV - II.	zámečnické ražení - nárazník; strojní a elektroúdržba; lokomotivář; čerpač; časoměřič; opravy a údržby strojů; strojník; obsluha; předřadí a požární hlídka; prachoměřič; chůze po vodorovných důlních dílech; vzorkař; figurant; pracovník větrání; obsluha pásu; střelník; provozní elektrikář; vrtař; požárník; zaškolování; skladník; pracovník degazace; odvodňování	130 - 149 Wm ⁻²
EV - III.	zámečnické rubání; doprava materiálu po drážce; kombajnová ražba; dobývání mocných slojí pomocí mechanizované výztuže a kombajnu, dobývání nízkých slojí pomocí IHV výztuže a pluhu; ruční ražení; mechanizované ražení; - dobývání nízkých slojí pomocí mech. výztuže a pluhu; strojní přibírka chodeb; vybavování a likvidace důlních děl a porubů; zakládání; vrtař v okolí poruby; zedník; chůze po úklonných důlních dílech; údržba důl. děl; údržba jam a rekonstrukce; vybavování a likvidace; renovace výztuže; prognóza a prevence HO a PUP + likvidace následků; zavlažování	150 - 169 Wm ⁻²
EV - IV.	- ruční zmáhání chodeb	170 - 189 Wm ⁻²
EV - V.	- hloubení jam a šibíků, ražení velkoprostorových děl	190 - 209 Wm ⁻²
EV - VI.	- ražení komínů a zásobníků	210 - 229 Wm ⁻²
EV - VII.	- ruční zmáhání chodeb ve ztížené pracovní poloze	230 - 259 Wm ⁻²
EV - VIII.	- ruční dobývání; namáhavé práce ve ztížených důlních podmínkách	260 - 280 Wm ⁻²

- záchranáři pracují ve zvláštním režimu, dle služebního řádu ZBZS, proto se nezařazují do žádné třídy práce
- ztíženou pracovní polohou se rozumí poloha, ve které vykonává danou práci důlní pracovník
- THP se zařazují do té třídy práce, ve které při své profesi vykonají denně více než 50% efektivní pracovní doby

4.3 Teplotní projevy důlního prostředí

Z celé řady tepelných a vlhkostních zdrojů, které mají dominantní vliv na sdílení tepla a vlhkosti v okolí sledovaných důlních děl jsou horský masív, instalované energetické systémy (v rámci koncernu OKD zejména elektrické), rubanina přepravovaná na pásových dopravnících a vliv autokomprese.

Kvantitativní podíl uvedených tzv. hlavních zdrojů tepla na zvyšování entalpie důlních větrů, a tím i její teploty však není konstantní, ale závisí na specifických podmínkách jednotlivých důlních podniků, dokonce i jednotlivých pracovišť.

Tzv. vedlejší tepelné zdroje, mezi něž řadíme např. metabolismus lidského těla, potrubí se stlačeným vzduchem, osvětlení, nízkoteplotní oxidaci můžeme vzhledem k hlavním tepelným zdrojům zanedbat. Metodu lze v odůvodněných případech rozšířit o zmíněné vedlejší zdroje tepla.

Stav důlních mikroklimatických podmínek výrazně ovlivňuje přítomnost vody, a to jak technologické (zkrápění, netěsnosti potrubí aj.), tak vody obsažené v horninovém masívu. Proces odpařování vody z povrchu stěn přispívá ke snižování jejich teploty, což vede k růstu rozdílu mezi původní teplotou hornin a povrchovou teplotou stěn a dochází ke zvýšení tepelného toku, ale také ke snižování suché teploty a nárůstu měrné vlhkosti větrního proudu.

Teplo uvolněné z horninového masívu

Povrch důlního díla rozdělíme po délce na část suchou a na část vlhkou a tento poměr definujeme jako vlhkostní faktor V_f = plocha mokré části / celková plocha. Ze suchého povrchu vstupuje do větrního proudu pouze teplo sensibilní (nárůst suché teploty). Na mokřém povrchu dochází jednak k vypařování vody - latentní teplo (nárůst měrné vlhkosti vzduchu) a jednak dochází k nárůstu nebo k poklesu sensibilního tepla. V běžných provozních případech se vlhkostní faktor pohybuje v rozmezí od 0,05 (zdánlivě suchý povrch - překopy) až do 0,5 (značně mokřý povrch - poruby).

Tepelný tok ze suché stěny

Důlní chodbu předpokládáme ve tvaru válce, který je obklopen stejnorodou horninou a její teplota v určité vzdálenosti od osy chodby je stejná.

Součinitel přestupu tepla

Teplo přivedené z horského masívu na rozhraní horniny s větrným proudem naráží na odpor, představovaný mezní vrstvou při povrchu stěny důlního díla. Součinitel přestupu tepla vyjadřuje míru, s jakou teplo prochází mezní vrstvou do větrného proudu.

U starších děl, kde se povrchová teplota příliš neliší od suché teploty větrního proudu, bude tepelný tok ze stěny velmi malý. V tom případě nepřesné vyjádření součinitele přestupu tepla bude mít malý vliv na klimatické změny ve větrním proudu. Naproti tomu v nově otevřených důlních dílech je teplotní rozdíl mezi stěnou a důlními větry vysoký, a proto přesné vyjádření součinitele přestupu tepla je velmi důležité, protože bude mít velký vliv na množství tepla sděleného horským masívem do větrního proudu.

Přestup tepla z vlhké stěny

Většina důlních stěn je částečně vlhká, i když voda na povrchu není patrná na první pohled. Vlhkost stěny má za následek změnu povrchové teploty, protože dochází k vypařování. Vodních par do proudících větrů. Změna povrchové teploty způsobí změnu tepelného toku z horninového masívu. Výpočet tepelné rovnováhy na mokřem povrchu znamená nalézt správnou hodnotu jeho teploty. Výpočet provádíme iteračně, kdy měníme hodnotu povrchové teploty mokré stěny do té doby, než je splněna rovnováha.

Teplo uvolněné energetickými systémy

Vzhledem k vybavenosti důlních podniků koncernu Ostravsko-karvinské doly byly vzaty v úvahu pouze systémy elektrické. Za předpokladu, že se většina dodané elektrické energie v konečném efektu přemění v teplo a přestoupí do větrů, platí, že toto teplo se rovná příkonu jednotlivých motorů. Protože motory nejsou v provozu nepřetržitě a není splněn předpoklad bezprostřední emise tepla do větrů, je nutné ve výpočtech použít i opravné součinitele časové využití příkonu.

Teplo uvolněné z elektrických strojů instalovaných v chodbách způsobí pouze zvýšení suché teploty proudících větrů, protože povrch strojů není většinou vlhký. Výjimku může tvořit pásový nebo hřeblový dopravník, po kterém je dopravované vlhké rubaniny. Část uvolněného tepla, které se v tomto případě spotřebuje na vypařování povrchové vody je zahrnuta při výpočtu přenosu tepla a vlhkosti z dopravované rubaniny.

Jiná situace nastává při uvolňování tepla a vlhkosti ze strojů instalovaných v porubu, většinou kombajn a hřeblový dopravník. Hlava kombajnu je při rozrušování horniny ostříkovaná vodou a většina uvolněného tepla se spotřebuje na odpařování vody, tím na zvýšení mokré teploty. Podobná situace je i u hřeblového dopravníku, který je ze všech stran obklopen značně vlhkou horninou. Praktickým měření bylo zjištěno, že asi 80 % tepla uvolněného elektrickými stroji v porubu se spotřebuje na vypařování vody a jen 20 % na zvýšení suché teploty.

Teplu uvolněné přepravovanou rubaninou

Vzhledem k růstu výše a koncentrace těžby a hloubek dobývání se stává těživo významným faktorem ovlivňujícím teplotní změny, zejména při protisměrném systému větrání. Intenzita přestupu tepla v systému těživo, větrní proud se zvyšuje přepravou těživa do oblastí o relativně nižších teplotách ovzduší. Téměř celkové množství tepla, které se uvolní z dopravovaného vlhkého uhlí, se spotřebuje na vypařování vody a tím způsobuje nárůst měrné vlhkosti ve větrním proudu. Při určitých podmínkách nízká hodnota vstupní relativní vlhkosti ($\varphi=50-70\%$) důlních větrů a vyšší rychlost proudění (nad $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) dochází k tomu, že teplo potřebné na vypařování vody na povrchu rubaniny se odebírá také z větrů a tento jev může způsobit snížení suché teploty důlních větrů - celková situace závisí na ostatních zdrojích tepla. V opačném případě, kdy je vysoká vstupní relativní vlhkost ($\varphi=90-100\%$) a důlní větry nejsou již schopny přijmout další vodní páru, potom dochází k nárůstu suché teploty.

V podmínkách OKD, kdy těžené uhlí je dopravováno vtažnými chodbami je možné předpokládat, že veškeré teplo předané z dopravovaného těživa se spotřebuje na vypařování vody z jeho povrchu.

Dalším problémem je stanovení vstupní teploty uhlí z dobývaného prostoru z měření, které se prováděly na ostravských dolech. Bylo zjištěno, že teplota vyrubaného uhlí je o 2-6 °C nižší než původní teplota uhlí dobývané sloje.

Teplo uvolněné autokompresí

Zvýšení teploty v případě, že důlní větry proudí svislým důlním dílem směrem dolů je nezávislé na třecích ztrátách. Nárůst suché teploty na 100 m hloubky se pohybuje v rozmezí od 0,976 °C pro suchý vzduch do 0,952 °C pro vlhký vzduch při obsahu měrné vlhkosti 30 gramů na kilogram suchého vzduchu.

4.4 Způsoby zlepšení mikroklimatických podmínek přirozenou cestou

Před použitím umělého chlazení větrů lze přistoupit k ochlazení důlních větrů úpravou některých parametrů větrání nebo postupů při dobývání:

- Zvýšení rychlosti proudění větrů.
- Snížení relativní vlhkosti větrů (odčerpávání vody ze zatopených částí důlních děl, zakrývání stop, používání odpadních vodních řádů, udržování těsnosti vodovodního potrubí apod.).
- Projektování a realizace samostatných větrných oddělení pro jednotlivá pracoviště bez vzájemného ovlivňování.
- Vedení úvodních větrů důlními díly bez soustředěných zdrojů tepla, především elektrických strojů.
- Projektování a realizace časoprostorového vedení důlních pracovišť, tzn. tak, aby klimaticky nejnepříznivějšími podmínkami procházelo pracoviště v zimním období toto opatření je z provozního hlediska jen velmi těžce realizovat, protože dobývání jednotlivých porubů má i jiné priority např. protizáparová prevence apod.
- Pro ražby používat, pokud to technicky je možné, foukací větrání.
- Při foukacím větrání používat nevyztužené flexibilní lutny v průměru 800 mm.
- Používat výkonné lutnové ventilátory.

V případě, kdy ani po vyčerpání všech reálných technických opatření nedojde ke zlepšení nevyhovujících mikroklimatických podmínek na pracovištích, je nezbytné instalovat strojní chlazení. [2]

4.5 Strojní chlazení

Problematika chlazení důlních větrů strojním chlazením je v hornictví řešena již řadu let. Při návrhu strojního chlazení vždy vycházíme z požadavku na chladicí výkon, technické a provozní požadavky.

Při výpočtech chladicího výkonu vycházíme z parametrů, které přímo ovlivňují teplotní poměry na daném pracovišti, jedná se zejména o teplotu, vlhkost, rychlost proudění větrů a instalovaný výkon elektrických strojů a zařízení. Toto jsme schopni při dnešních znalostech a zkušenostech díky použití výpočetních programů celkem přesně nasimulovat a vypočítat. Se stále většími nároky na kapacitu chlazení, došlo i k technickým změnám chladičů větrů. V minulosti pro chlazení v porubech byly používány chladiče větrů o výkonech začínajících na 5 kW a pohonem Peltonovou turbínou. S nutností navyšovat chladicí výkon se dnešní chladiče větrů pohybují v rozmezí výkonu 250-300 kW, což se po technické stránce projevilo i na rozměrech chladičů. To sebou přináší jiný problém, a to umístění těchto chladičů přímo na pracovištích. Zde jsme limitováni profilem důlního díla, strojním vybavením, zvoleným způsobem větrání, umístěním drážky pro strojní dopravu materiálu a dalšími provozními požadavky.

Z praxe a na základě dlouholetých provozních zkušeností, při dodržení všech bezpečnostních předpisů, instalujeme chladiče větrů takto.

V ražených důlních dílech, v závislosti na zvoleném způsobu separátního větrání, chladiče důlních větrů u sacího způsobu větrání instalujeme zpravidla do 50 m od čelby a posunujeme je s postupem čelby v intervalech ne větších než 100 m. U separátního foukacího způsobu větrání instalujeme chladiče větrů před separátní ventilátor raženého důlního díla, v případě nutnosti lze instalovat další chladič větrů do lutnového tahu daného raženého důlního díla. Umístění chladičů větrů v porubech je vzhledem k potřebnému chladicímu výkonu náročnější. Zde instalujeme chladiče větrů na vstupu do dobývané oblasti porubu, v krátké vzdálenosti před porubem do 300 m, v krátké vzdálenosti před vstupem do porubu do 150 m, za porubem ve vzdálenostech 50 m a dalších 150 m od předchozího chladiče větrů. Pokud to strojní vybavení porubu dovoluje, instalujeme potřebný počet chladičů větrů i přímo v porubu v jeho vrchní části.

Většina chladičů větrů je právě díky rozměrům a z důvodu bezpečnosti práce instalována nad pásový dopravník nebo vedle pásového dopravníku. I přes veškerou snahu

a používání všech prostředků k zneškodňování prachu, dochází k zanášení a usazování prachu v měděných výměnících chladičů větrů. Z praxe máme vysledováno, že v největší míře k tomu dochází právě při instalaci nad nebo vedle pásových dopravníků. Pokud se na chladičích větrů neprovádí alespoň pravidelná údržba daná výrobcem, chladič, který není udržován déle, než 7 dní postupně ztrácí chladicí výkon. Vždy záleží na míře znečištění důlního ovzduší na daném pracovišti. Mimo uhelného nebo kamenného prachu při dobývacích nebo otvirkových pracích, dochází k zanášení chladiče důlních větrů také při zneškodňování uhelného prachu mletým vápencem. Ventilátor, který je nedílnou součástí chladiče větrů, nasává veškeré nečistoty z okolí a vhání je do měděného výměníku. Vlivem vlhkosti, která se ve výměníku vytváří, a tlakovým ztrátám při průchodu větrů výměníkem dojde k usazování těchto nečistot a ke snížení aktivní plochy pro předání chladu. V případech instalace chladičů na výdušných třídách porubů je toto znečištění tak velké, že bez každodenní pravidelné údržby dochází k okamžitému zanášení výměníku a k úplné ztrátě chladicího výkonu do 10 dnů. V případech, kdy je nutné odstavení chladiče větrů z jakéhokoliv důvodu na dobu delší než jedna směna, a před odstávkou není provedena očista výměníku, zprovoznění chladiče je bezpředmětné. Dojde totiž k zaschnutí usazených nečistot na stěnách výměníku a vytvoření vrstvy, která znemožní předání chladu z chladicí vody do procházejících větrů. Postřiky v chladičích větrů dodávané výrobcem jsou určeny ke každodenní očištění a nejsou schopny zbavit výměník větší vrstvy usazených nečistot.

Zanesení chladiče větrů má i další nepříznivý dopad a to tím, že každý chladič větrů je osazen ventilátorem zajišťujícím průchod větrů přes chladič. Jako u každého elektrického zařízení i zde dojde k zahřátí motoru ventilátoru a v závislosti na typu ventilátoru to může být až o 5 °C, což nepříznivě ovlivňuje důlní prostředí a z chladiče větrů se stává zdroj tepla.

Postupné zanášení chladičů větrů v jednotlivých provozech v dole má značný vliv i na chladicí výkon centrální klimatizace. Nedojde-li k předání chladu a následnému oteplení chladicí vody v chladičích větrů, chladicí voda se vrací zpět do výparníku v patrové (povrchové) provozovně centrální klimatizace, kde by mělo dojít k procesu zkapalnění chladiva. K tomuto procesu nedojde a způsobuje nám to značné potíže s provozem chladicích jednotek. Každá chladicí jednotka je vybavena ochrannými prvky (teploměry, hlídače tlaku, průtokoměry, apod.), dochází k přerušení chodu kompresorů a k výpadkům provozu celé centrální klimatizace, což je nežádoucí. Obsluha musí včas

zareagovat a přizpůsobit provoz centrální klimatizace na dané podmínky. V případě výpadku provozu centrální klimatizace jsou výpadkem ovlivněna všechna pracoviště v dole, bez rozdílu, zda očistu prováděli pravidelně nebo ne. Vzhledem k dopravním vzdálenostem chladicí vody mezi jednotlivými centrálními klimatizacemi a úsekovými chladiči větrů se může jednat až o dvouhodinové výpadky, než dojde opět k vychlazení pracovišť a obnovení plného chladicího výkonu úsekových chladičů.

Na zobrazovací jednotce v provozovnách centrální klimatizace jsme schopni tento provozní problém včas odhalit a sjednat nápravu.

4.6 Prašnost

Prašností rozumíme znečištění ovzduší hmotnými částicemi, které rozptýleny ve vzduchu tvoří aerosoly. Aerosoly dělíme podle mechanismu vzniku na prach (vzniká drcením pevných materiálů), kouř (vzniká spalováním organických hmot) a dým (vzniká oxidací organických látek). Každý aerosol je charakterizován koncentrací, velikostí a vlastnostmi rozptýlených částic. Na všech těchto charakteristikách pak závisí působení na zdraví. Z hlediska působení na člověka dělíme prach na toxický a bez toxického účinku. U netoxických prachů může být závažné jejich fibrogenní působení. Prašnost ovzduší měříme a podle platné legislativy hodnotíme. Zabýváme se také stanovením tříd čistoty prostoru se zvýšenými nároky na kvalitu ovzduší.

Tato problematiku je řešena v nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci a kde jsou rovněž stanoveny PEL pro prašnost v pracovním prostředí.

Problematika prašnosti na důlních pracovištích je známa už od počátků hlubinného dobývání uhlí. Prašnost je a byla jedním z omezujících faktorů při hlubinném dobývání. Prach způsobuje nejenom zdravotní ohrožení pracovníků, ale i nebezpečí výbuchu uhelného prachu. V dnešní době se klade na boj s prašností velký důraz.

Nejvíce prachových částic, vznikajících při procesu rozrušování (dobývání), se neuvolňuje do vzduchu. Prach ulpívá na povrchu uvolněné substance. Při dobývání vznikají průměry částic prachu v mikronech ($1\text{ }\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$).

Tabulka 6 - průměry částic prachu

název	Průměry částic prachu (1 µm)
Vápenec	10-1000
Poléťavý popílek	10-200
Uhelný prach	1-100
Pískovec	2-100
Prachovec	5-80
Cementový prach	3-100
Práškové uhlí	3-500

Prokázalo se, že nejpříznivější fragmentaci měly uhelné pluhy. Z jiných důvodů, zejména pevnosti uhelných slojí, je však používání pluhů k dobývání silně limitováno. [4]

Prašnosti v OKD

Vzhledem k různorodým geologickým podmínkám jednotlivých dolů v OKD má každý důl jiné složení a množství prachových částic v důlním prostředí. Vše je závislé na volbě dobývací technologie, mocnosti dobývaných slojí, způsobu rozpojování horniny, na volbě odtěžení rubaniny a dalších faktorech, které nepříznivě ovlivňují prašnost. Jako příklad vývoje prašnosti uvádím důl Darkov.

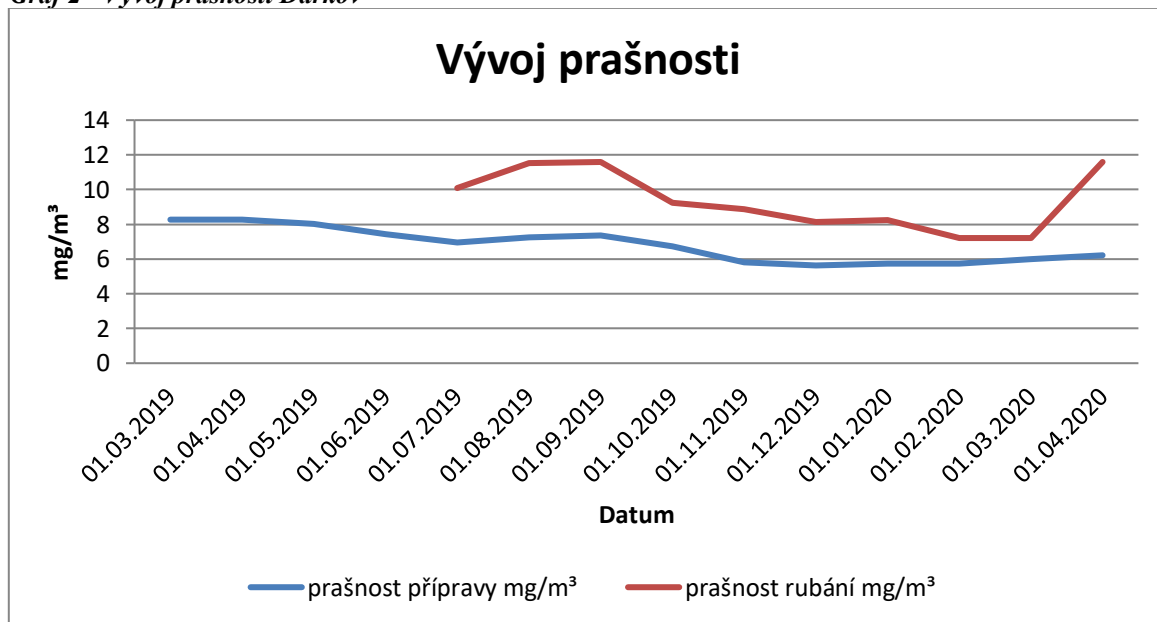
Prašnost na dole Darkov

Graf za období roku 3/2019 – 4/2020 ukazuje vývoj prašnosti na dole Darkov OKD a.s., jak v porubech, tak v přípravných ražbách. Odchytky v jednotlivých měsících jsou dány zejména skladbou pracovišť z hlediska dobývané mocnosti. (čím vyšší dobývaná mocnost, tím větší množství rozpojené horniny a zvýšení prašnosti).

Tabulka 7 - Vývoj prašnosti na dole Darkov

Datum	Prašnost přípravy mg/m ³	Prašnost rubání mg/m ³
3/2019	8,27	Bez porubu
4/2019	8,27	Bez porubu
5/2019	8,02	Bez porubu
6/2019	7,45	Bez porubu
7/2019	6,96	10,09
8/2019	7,26	11,52
9/2019	7,36	11,59
10/2019	6,72	9,23
11/2019	5,82	8,86
12/2019	5,63	8,12
1/2020	5,75	8,24
2/2020	5,75	7,21
3/2020	5,99	7,21
4/2020	6,21	11,59
Průměr za dané období	6,81	9,37

Graf 2 - Vývoj prašnosti Darkov



Z grafu č. 2 lze vyčíst, že křivka vývoje prašnosti v přípravných důlních dílech je stabilní, kdežto u křivky vývoje prašnosti v porubech dochází k výraznějším výkyvům a současnému nárůstu prašnosti oproti přípravným důlním dílům.

4.7 Typy používaných chladičů větrů

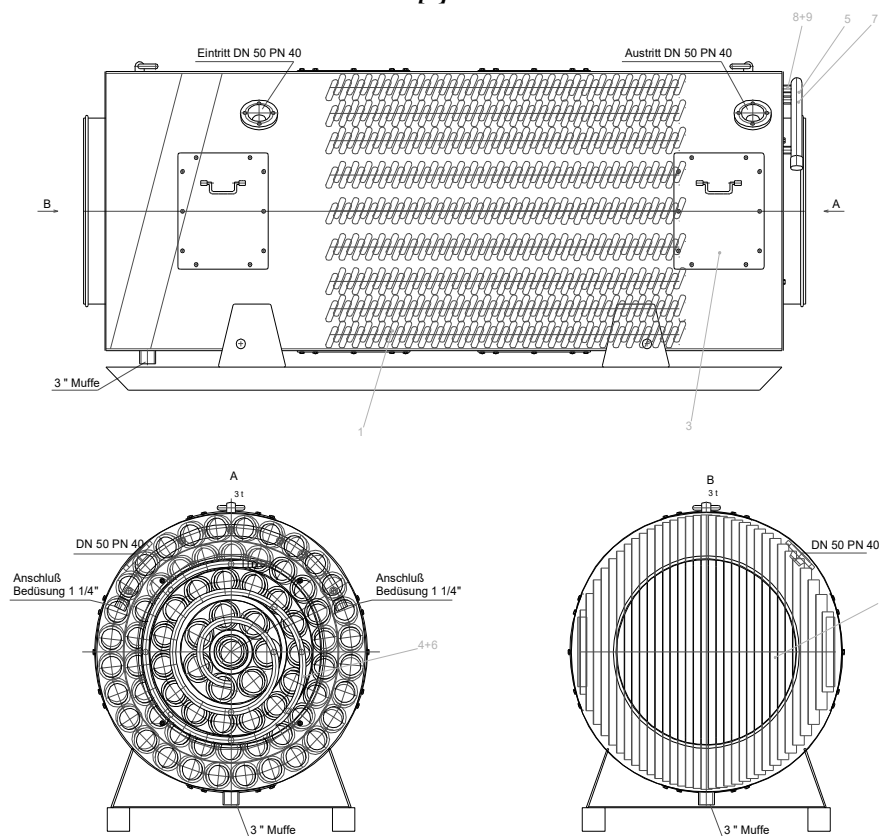
Pro chlazení důlních pracovišť se v OKD a.s. využívají chladiče větrů typu RWK 300 a RWK 1200. Oba typy chladičů mají shodnou konstrukci, plášť z ocelového plechu 8 mm silného se dvěma revizními otvory, výměník, který tvoří soustava měděných trubek stočených do spirál, postřikovač a odlučovač vody. Chladič je vždy používán s ventilátorem typu WLE 804A nebo WPAK 2 630.



Obrázek 11 - Chladič větrů RWK 300 [3]



Obrázek 12 - Chladič důlních větrů RWK 1200 [3]



Obrázek 13 - Schéma chladič větrů RWK 300 [3]

4.8 Provozní situace po nasazení chladičů větrů

Pro správnou funkci a maximální výkon chlazení je v návodu na použití a údržbu dán požadavek na ostříkování měděného výměníku, a to minimálně každých 24 hodin po dobu cca 10 sekund a kontrola výkonových trysek minimálně jednou za měsíc.

Vzhledem k provozním situacím v dole dochází k zanedbání této podmínky dané výrobcem a dochází k postupnému zanášení měděných spirál. V případech, kdy dojde k takovému zanesení, nemáme jinou možnost než tento chladič demontovat, nahradit provozuschopným a znečištěný chladič dopravit na povrch k celkové očištění. Vše je zdoluhavé, a hlavně finančně náročné. V mnoha případech nelze nánosy z měděných spirál odstranit jinak než chemickou cestou. Chladič je vždy rozebrán a soustava měděných spirál je demontována z obalu. Pokud není nános velký, lze jej odstranit pouze ostřikem pomocí tlakové vody. V případě, že pouhý ostřík nestačí, je nutné soustavu měděných spirál ponořit do vany s chemickými prostředky. Tato práce však vyžaduje jiné technické a bezpečnostní podmínky a není v možnostech OKD a.s. provádět tuto činnost. Chladiče jsou odesílány k celkové očištění do externích firem.



Obrázek 14 - Příklad chladiče RWK 300 před očištěm na povrchu [zdroj: autor práce]



Obrázek 15 - Příklad chladiče RWK 300 před očištěm na povrchu [zdroj: autor práce]



Obrázek 16 - Příklad chladiče RWK 300 před očištěm na povrchu [zdroj: autor práce]



Obrázek 17 - Detail trubkovnic chladiče větrů RWK 300 před očištěm [zdroj: autor práce]



Obrázek 18 - Detail lamel na výstupu z chladiče RWK 300 [zdroj: autor práce]



Obrázek 19 - Trubkovnice chladiče větrů RWK 300 po očištění [zdroj: autor práce]



Obrázek 20 - Chladič větrů RWK 300 po opravě [zdroj: autor práce]

Chladič je konstruován tak, že má ve víku umístěny trysky, které mají zaručit celkovou očistu měděných spirál a dva servisní otvory, které také mohou sloužit k očištění.



Obrázek 21 - Víko chladiče větrů RWK 300 s tryskami [zdroj: autor práce]

Ne vždy jsme z důvodu umístění chladiče větrů schopni použít servisní otvory a tím zaručit dokonalou očistu. Z provozních zkušeností však již víme, že i při dodržení daných pokynů výrobcem, dochází k usazení nečistot na měděných spirálách.

Dalším velkým problémem při očištění je vybavení chladiče soustavou lamel, která zabraňuje výstřiku kondenzované vody a oštrkové vody ze spirál do důlního prostředí. K největšímu usazování nánosů dochází právě na výstupu z chladiče větrů. Lamely sice zadrží vodu, která je následně odváděná ven z chladiče odtokovým vývodem ve dně chladiče, ale zcela znemožňují jakoukoliv očistu na straně výstupu větrů.

Při pravidelných kontrolách a údržbě není možno proto zcela docílit požadované kvality údržby a dochází ke snížení chladičího výkonu chladiče větrů.

4.9 Modelový příklad nasazení chladiče větrů RWK 300 na třídě č. 2071 na 10. patře.

Za účelem měření a ukázky znečištění chladiče větrů v provozních podmínkách jsme nainstalovali na celkovou výdušnou třídu č. 2071 z 10. p. dolu Darkov chladič typu RWK 300 s ventilátorem WLE 804A. Chladič je osazen na vstupu i výstupu na chladičí

vodě teploměry a výstupy z měření jsou vyvedeny do zobrazovací jednotky umístěné v provozovně centrální klimatizace na třídě č. 2070.2 a interní přenosové síť.

Byl použit chladič, který prošel celkovou vnější očištěnou v povrchové dílně úseku klimatizace. Očista spočívala v demontáži vrchního krytu chladiče, vyjmutí měděných spirál z obalu chladiče a ostříku tlakovou vodou. Po kontrolním ověření těsnosti měděných spirál na provozní tlak 40 Mpa, byl chladič zpětně zkompletován.



Obrázek 22 - Chladič RWK 300 před a po celkové očištění na povrchu [zdroj: autor práce]



Obrázek 23 - Umístění chladiče RWK 300 na třídě č. 2071 [zdroj: autor práce]

Měření probíhalo ve dvou fázích v časových úsecích po 10 dnech. Po první fázi měření byl chladič větrů RWK 300 opětovně vyčištěn v místě ustavení na třídě č. 2071. V první fázi měření v časovém úseku 19. 4. 2020-29. 4. 2020 nebyl v provozu žádný činný porub.

Ve druhé fázi měření v časovém úseku 30. 4. 2020-10. 5. 2020 je již zahrnut porub číslo 340 902.

Pro prašnost použiji do tabulky průměrné hodnoty prašnosti z tabulky č. 1. Pro první fázi měření hodnotu průměrné prašnosti v přípravných důlních dílech a pro druhou fázi měření průměrnou hodnotu prašnosti pro poruby.

Tabulka 8 - Fáze měření

Fáze	Teplota na třídě č. 2071	Prašnost na třídě č. 2071
1	26 °C	6,81 mg/m ³
2	26 °C	9,37 mg/m ³

Postup měření

Hodnoty pro posouzení vlivu prašnosti na výkon chladiče jsem volil dle provozní situace. Vzhledem k umístění a napojení chladiče na oběh chladicí vody hned u provozovny centrální klimatizace, nebyl možný provoz chladiče v nepřetržitém režimu. V době měření byly na okruh chlazení z provozovny centrální klimatizace napojeny jen tři chladiče větrů v revíru a otevřením okruhu docházelo k výpadkům provozovny z důvodu podchlazení zpáteční chladicí vody. Proto jsem volil krátké měřicí úseky v dané dny v těžebních směnách, aby podmínky co nejvíce odpovídaly provozu.

Křivky v grafech znázorňují průběh měření teplot chladicí vody, kdy modrá křivka je chladicí voda před průtokem přes chladič větrů a červená křivka je chladicí voda po průtoku přes chladič.

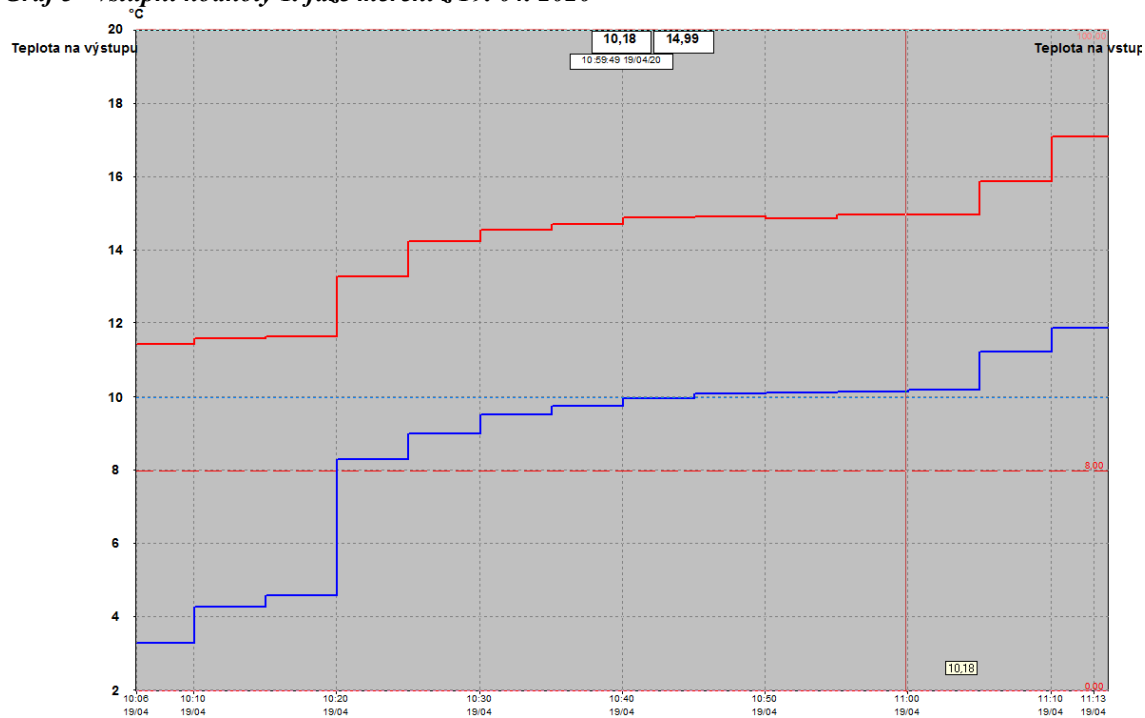
Pro výsledek měření je důležitý rozdíl těchto křivek v daný okamžik měření, teplota ΔT °C. Pokud bude docházet k zanášení chladiče vlivem prašnosti, bude se ΔT °C měnit v závislosti na množství znečištění.

Výsledkem by mělo být posouzení, zda a do jaké míry došlo ke snížení výkonu chladiče větrů vlivem znečištění prachem. Na chladiči větrů nebude během měření prováděná očista.

4.9.1 První fáze měření

První fáze měření proběhla 19. 4. 2020 - 29. 4. 2020. V následujícím grafu č. 3 a tabulkách jsou uvedeny výsledky předmětného měření. Grafy zbylých dnů měření teploty první fáze jsou součástí přílohy č. 1 - 5.

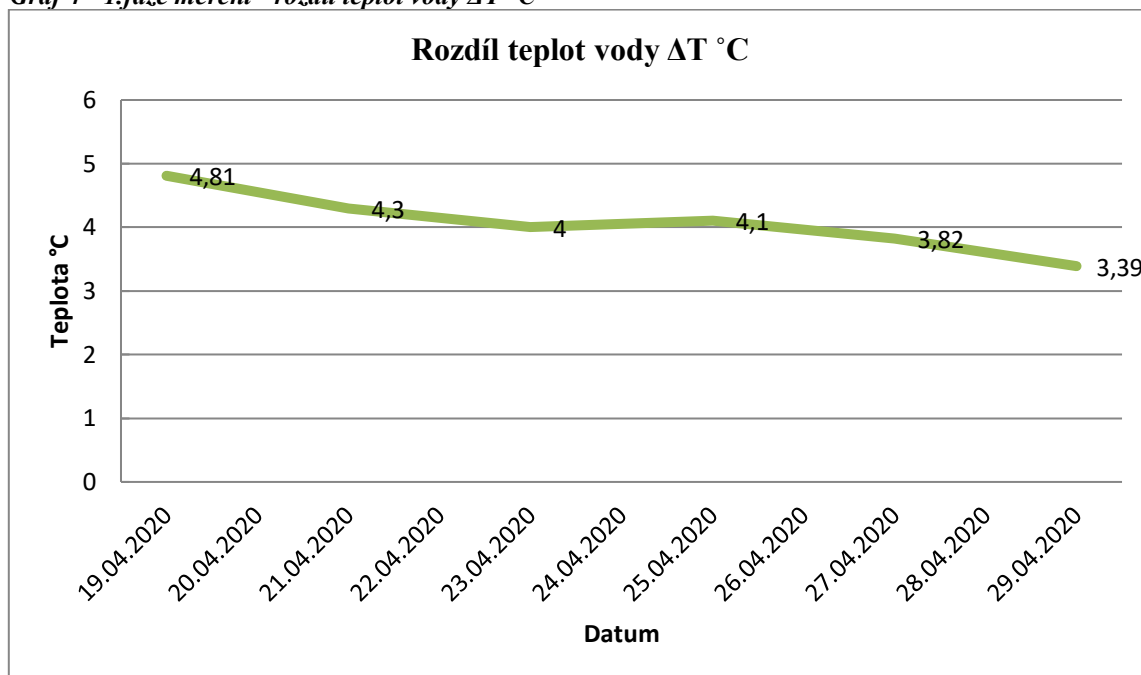
Graf 3 - vstupní hodnoty 1. fáze měření z 19. 04. 2020



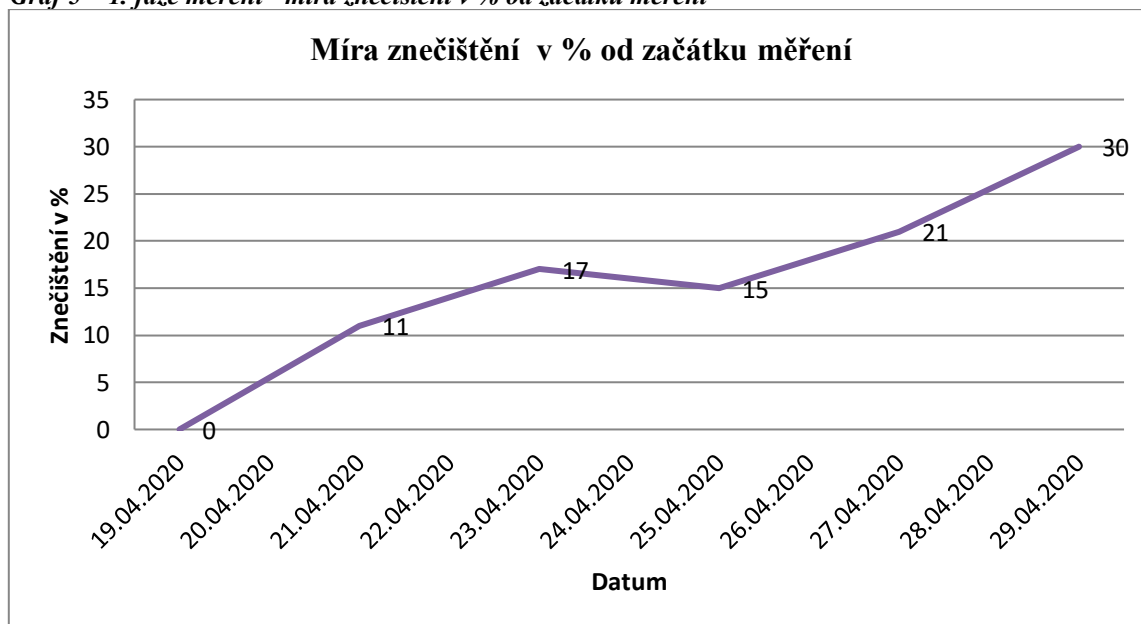
Tabulka 9 - Hodnoty 1. fáze měření

Datum	Vstupní teplota vody °C	Výstupní teplota vody °C	Rozdíl teplot vody ΔT °C	Míra znečištění v % od začátku měření
19.4.2020	10,18	14,99	4,81	0
21.4.2020	4,3	8,6	4,3	11
23.4.2020	3,70	7,70	4,0	17
25.4.2020	7,35	11,45	4,1	15
27.4.2020	6,68	10,5	3,82	21
29.4.2020	6,21	9,6	3,39	30

Graf 4 - 1.fáze měření - rozdíl teplot vody ΔT °C



Graf 5 – 1. fáze měření - míra znečištění v % od začátku měření



Z grafu č. 4 a č. 5, a tabulky č. 8 lze vyčíst, že během 10 dní první fáze měření při nedodržení stanovených provozních kontrol, dochází k postupnému zanášení chladiče a tím ke ztrátě výkonu chladiče. Za daných podmínek v místě umístění je ztráta chladicího výkonu 30 %.

Před druhou fází měření po očištění zaměstnanci úseku klimatizace (obrázek č. 24) se chladicí účinek ihned projevil a rozdíl mezi vstupní a výstupní teplotou chladicí vody se vrátil na původní hodnoty.

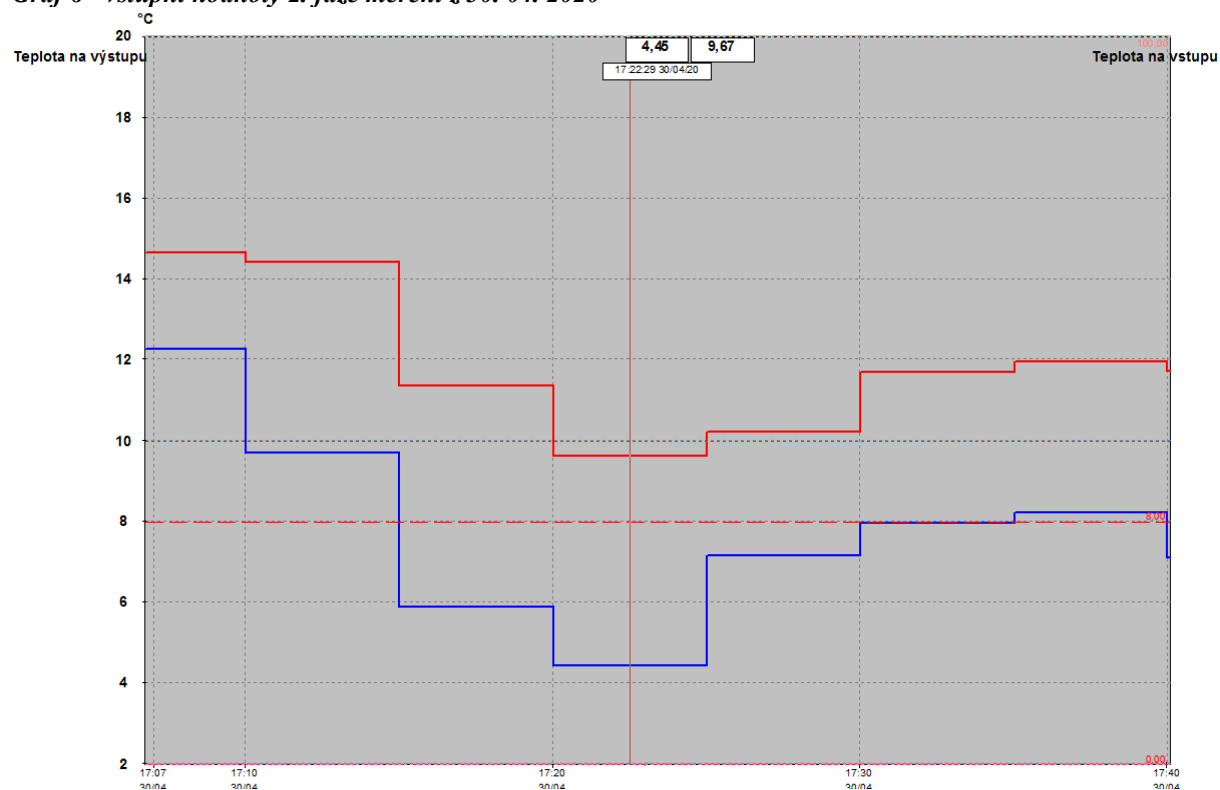


*Obrázek 24 - Detail trubkovnic chladiče RWK 300 na třídě č. 2071 při očištění, před druhou fází měření
[zdroj: autor práce]*

4.9.2 Druhá fáze měření

Druhá fáze měření proběhla 30. 4. 2020 - 10. 5. 2020. V následujícím grafu č. 6 a tabulkách jsou uvedeny výsledky předmětného měření. Grafy zbylých dnů měření teploty druhé fáze jsou součástí přílohy č. 6 – 10.

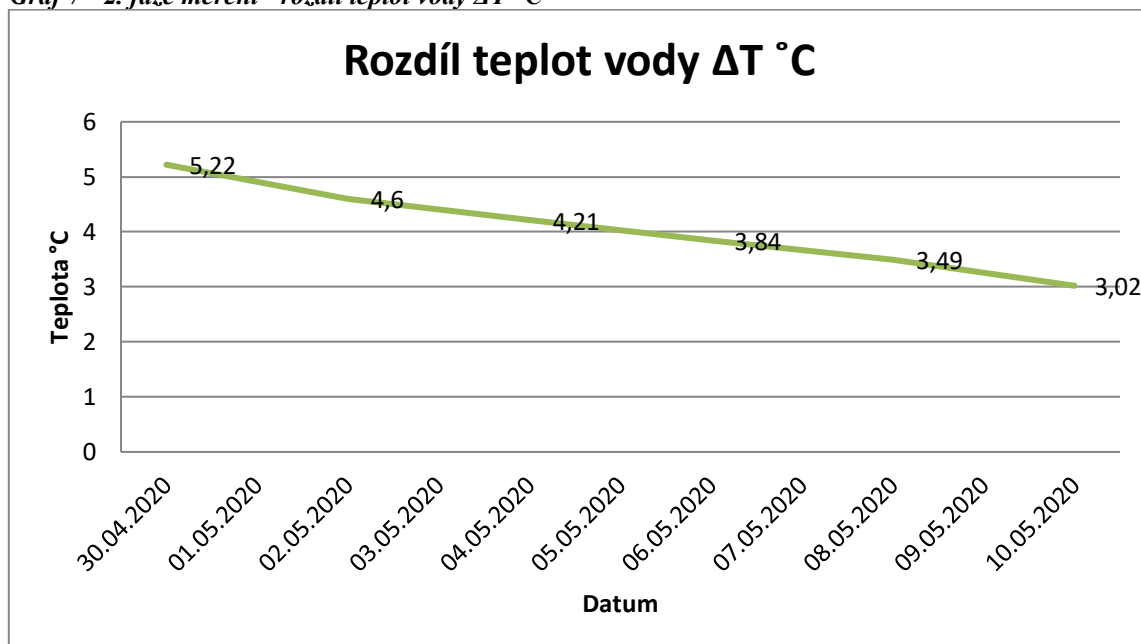
Graf 6 - vstupní hodnoty 2. fáze měření z 30. 04. 2020



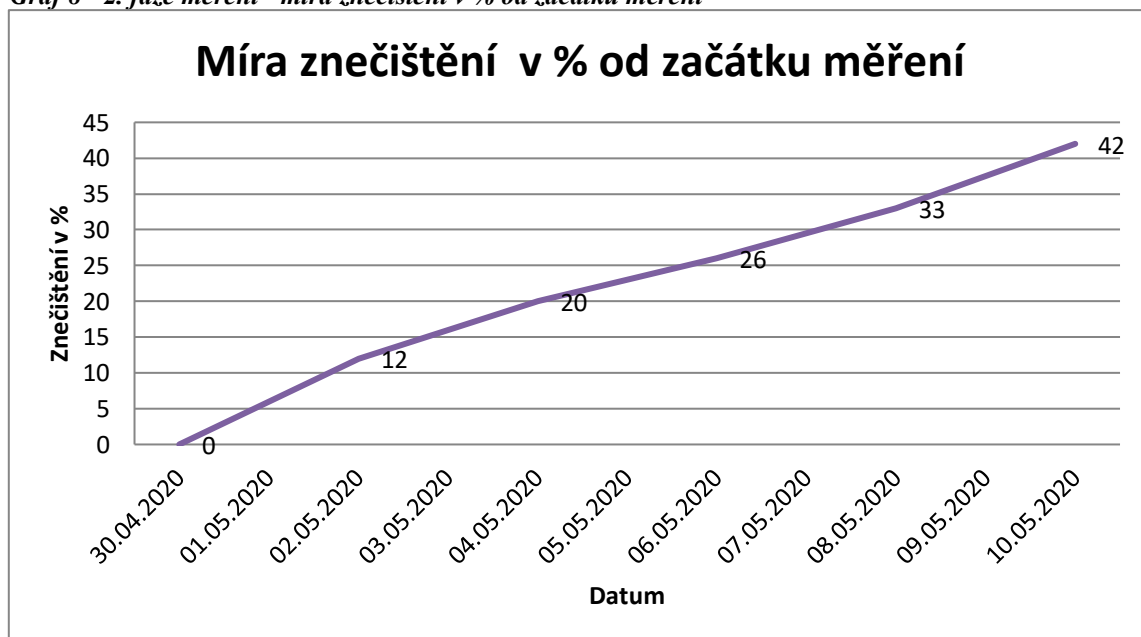
Tabulka 10 - Hodnoty 2. fáze měření

Datum	Vstupní teplota vody °C	Výstupní teplota vody °C	Rozdíl teplot vody ΔT °C	Míra znečištění v % od začátku měření
30.4.2020	4,45	9,67	5,22	0
2.5.2020	4	8,6	4,6	12
4.5.2020	5,29	9,5	4,21	20
6.5.2020	11,35	15,19	3,84	26
8.5.2020	10,78	14,27	3,49	33
10.5.2020	5,50	8,52	3,02	42

Graf 7 - 2. fáze měření - rozdíl teplot vody ΔT °C



Graf 8 - 2. fáze měření - míra znečištění v % od začátku měření

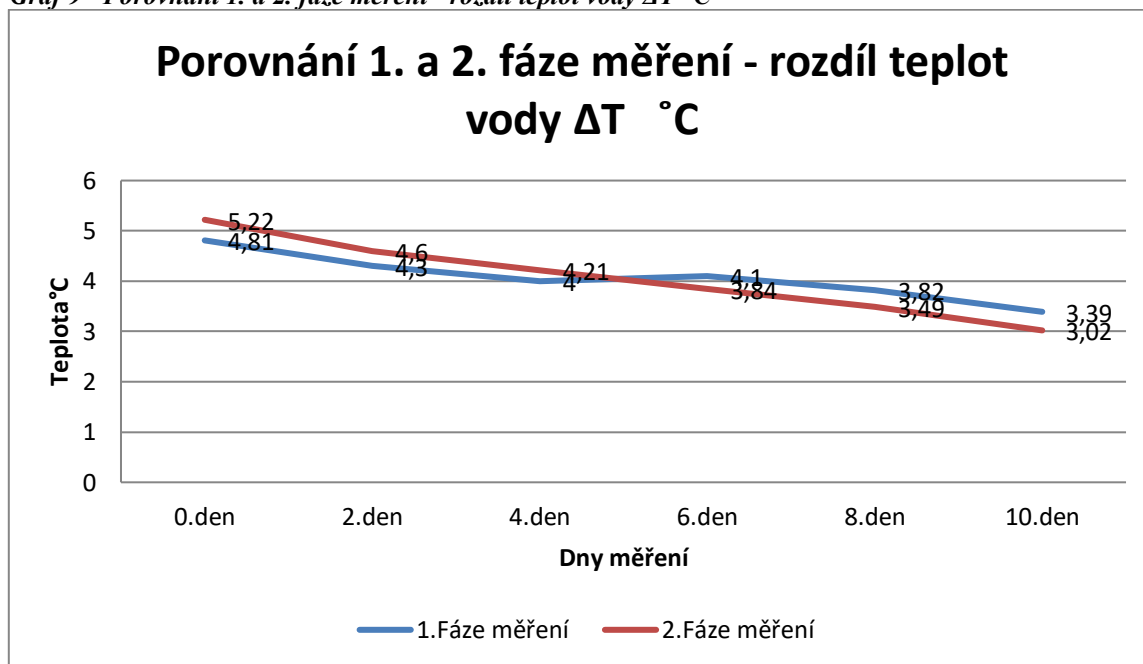


4.9.3 Porovnání první a druhé fáze měření

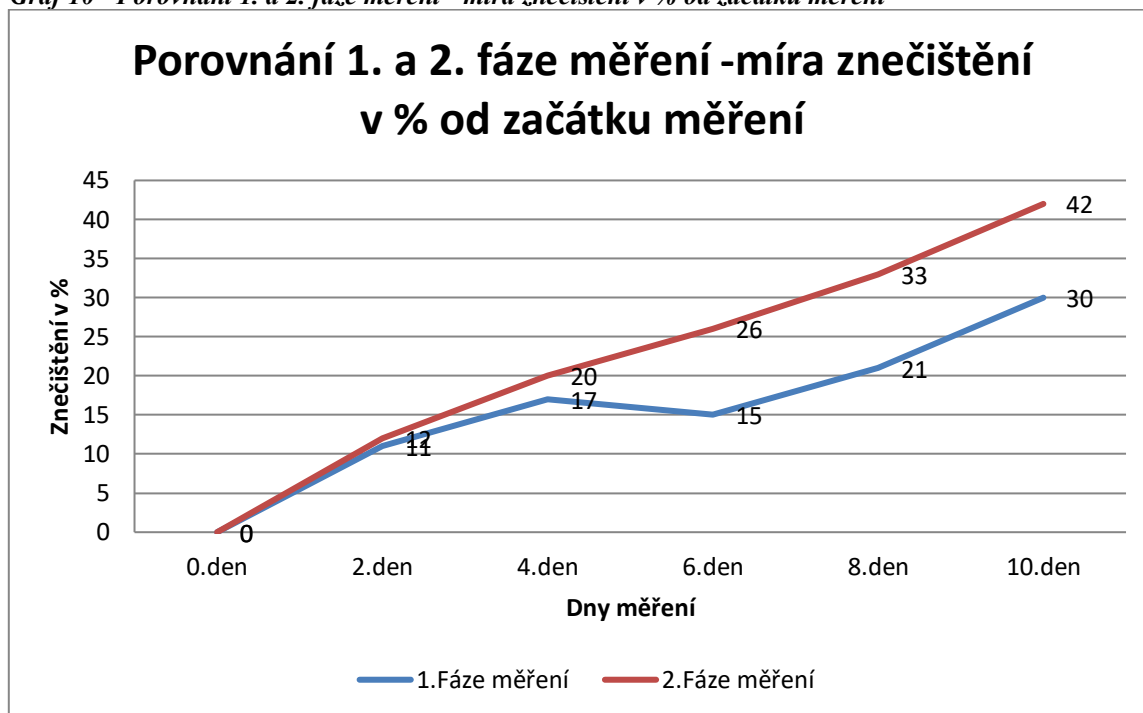
Měření probíhalo ve dvou fázích. V první fázi probíhalo měření bez činného porubu a znečištění chladiče větrů ovlivňoval jen provoz přípravných děl. Měřením bylo zjištěno, že během deseti dnů provozu chladiče se vlivem znečištění prachovými částicemi snížil výkon chladiče o 30 %. Což v konečném důsledku již znamená podstatné zhoršení chladičího účinku. V druhé fázi měření byl již v provozu porub č. 340 902. Vlivem nárustu prašnosti z provozovaného porubu došlo během stejného časového období, tedy deseti dní, k ještě výraznějšímu snížení výkonu chladiče až o 42 % vzhledem k plnému chladičímu účinku po vyčištění chladiče. Toto znečištění již znamená, že chladič již neplní funkci chladiče, ale stává se zdrojem oteplení větrů, bodovým zdrojem.

Porovnáním naměřených hodnot v grafu č. 10 lze sledovat průběh a rychlost zanesení chladiče. Při provozu porubu (2.fáze měření) je křivka strmější a dochází k rychlejšímu poklesu schopnosti předat chlad z chladičí kapaliny větrům, dochází ke snížení chladičího výkonu chladiče vlivem pokrytí výměníku prachovými částicemi, což má za následek zhoršení chladičího účinku chladiče. Graf č. 11 znázorňuje snížení výkonu chladiče v %. Měřením bylo prokázáno, že podmínky uvedené výrobcem v návodu pro údržbu, provádět ostřík měděného výměníku, a to minimálně každých 24 hodin po dobu cca 10 sekund, je opodstatněný a velmi důležitý. Jakákoliv prodleva v očištění znamená snížení chladičího výkonu.

Graf 9 - Porovnání 1. a 2. fáze měření - rozdíl teplot vody ΔT °C



Graf 10 - Porovnání 1. a 2. fáze měření - míra znečištění v % od začátku měření



4.10 Měření 4 ks chladičů větrů RWK 300 a RWK 1200 na různých místech a v různých podmínkách na dolech Darkov a ČSM-Sever

Pro důkaz hypotézy, že znečištění chladičů větrů má vliv na chladicí výkon, byly provedeny pomocí termokamery typu TESTO 882, která je využívána pracovníky úseku diagnostiky, postupně čtyři měření chladičů větrů v revíru OKD.

Na vybraných chladičích jsem pomocí kamery postupně měřil vždy tři vytipované body „Z“ na čtyřech zájmových místech chladiče:

- **teplotu výstupní chladicí vody** z chladiče větrů na uzavřeném okruhu z centrální klimatizace dané oblasti **před vyčištěním** chladiče větrů
- **teplotu výstupní chladicí vody** z chladiče větrů na uzavřeném okruhu z centrální klimatizace dané oblasti **po vyčištění** chladiče větrů
- **teplotu spirál výměníku** na výstupu z chladiče větrů **před vyčištěním** chladiče větrů
- **teplotu spirál výměníku** na výstupu z chladiče větrů **po vyčištění** chladiče větrů

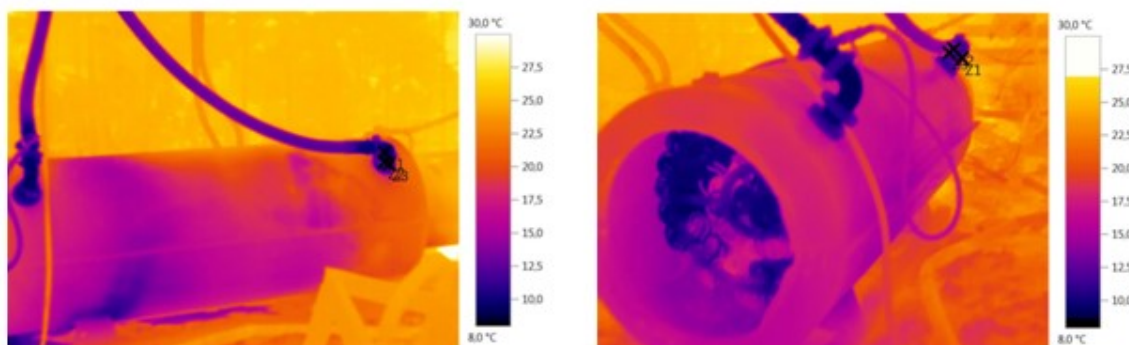
Z naměřených parametrů na jednotlivých chladičích jsem vytvořil tabulky a na závěr provedl výpočet chladicího výkonu.

4.10.1 Důl Darkov – třída č. 340 922



Obrázek 25 - Chladič větru RWK 300 před očistou (vlevo) a po očištění (vpravo) [zdroj: autor práce]

Snímek přes termokameru



Obrázek 26 - Měřící body teplota vody před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]

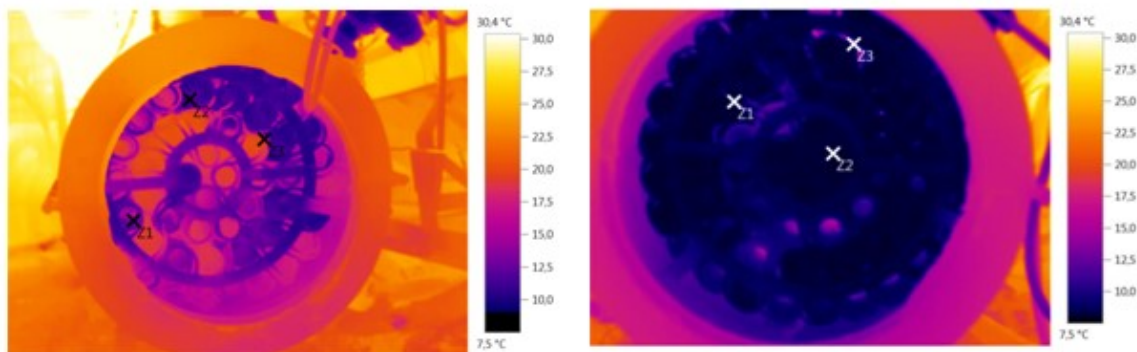
Tabulka 11 - Teploty v měřících bodech na chladicí vodě třída č. 340 922

Značené měřící body	teplota před vyčištěním obr. 26	teplota po vyčištění obr. 26
Bod Z1	9,6	12,8
Bod Z2	11,1	12,9
Bod Z3	10,6	13,6

Tabulka 12 - Výsledné hodnoty měření na chladicí vodě třída č. 340 922

Průměrná teplota před vyčištěním	Průměrná teplota po vyčištění	Rozdíl teplot	Rozdíl v %
10,43	13,10	2,67	25,6

Snímek přes termokameru



Obrázek 27 - Měřicí body spirály před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]

Tabulka 13 - Teploty v měřicích bodech na spirálách třída č. 340 922

Značené měřicí body	teplota před vyčištěním obr. 27	teplota po vyčištění obr. 27
Bod Z1	12,5	9,0
Bod Z2	11,1	8,2
Bod Z3	18,7	14,6

Tabulka 14 - Výsledné hodnoty měření na spirálách třída č. 340 922

Průměrná teplota před vyčištěním	Průměrná teplota po vyčištění	Rozdíl teplot	Rozdíl v %
14,1	10,6	3,5	24,82

4.10.2 Důl Darkov – třída č. 340 942



Obrázek 28 - Umístění RWK 300 na třídě č. 340 942 [zdroj: autor práce]

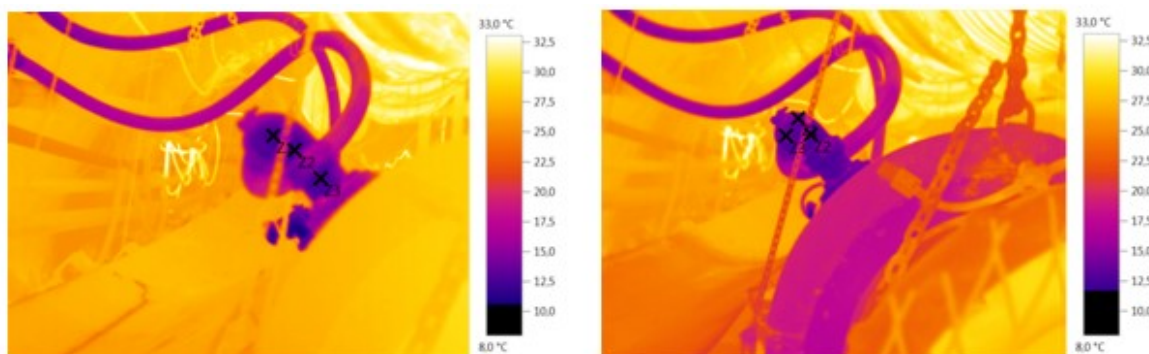


Obrázek 29 - RWK 300 před očištěm na třídě č. 340 942 [zdroj: autor práce]



Obrázek 30 - Detail trubkovnice RWK 300 před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]

Snímek přes termokameru



Obrázek 31 - Měřící body chladicí voda před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]

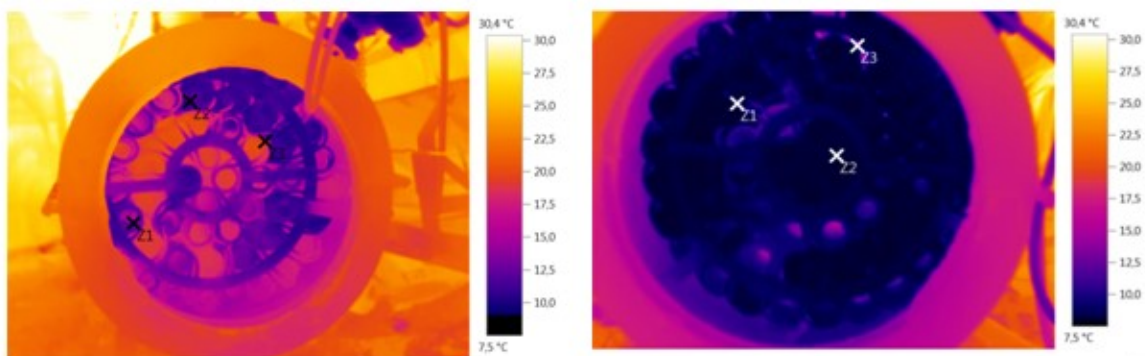
Tabulka 15 - Teploty v měřících bodech na chladicí vodě třída č. 340 942

Značené měřící body	teplota před vyčištěním obr. 31	teplota po vyčištění obr. 31
Bod Z1	12,2	14,0
Bod Z2	12,3	13,2
Bod Z3	12,4	13,8

Tabulka 16 - Výsledné hodnoty měření na chladicí vodě třída č. 340 942

Průměrná teplota před vyčištěním	Průměrná teplota po vyčištění	Rozdíl teplot	Rozdíl v %
12,3	13,67	1,37	11,14

Snímek přes termokameru



Obrázek 32 - Měřicí body na spirálách před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]

Tabulka 17 - Teploty v měřících bodech na spirálách třídy č. 340 942

Značené měřicí body	teplota před vyčištěním obr. 32	teplota po vyčištění obr. 32
Bod Z1	12,1	11,1
Bod Z2	15,8	17,6
Bod Z3	25,3	20,0

Tabulka 18 - Výsledné hodnoty měření na spirálách třída č. 340 942

Průměrná teplota před vyčištěním	Průměrná teplota po vyčištění	Rozdíl teplot	Rozdíl v %
14,1	10,6	3,5	24,82

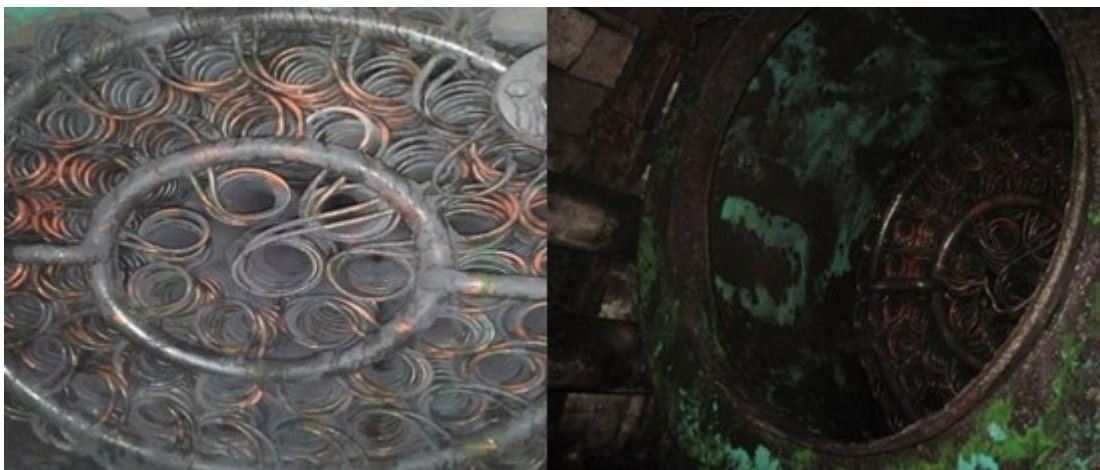
4.10.3 Důl Darkov – třída č. 2098



Obrázek 33 - Umístění chladiče RWK 1200 na třídě č. 2098 [zdroj: autor práce]



Obrázek 34 - RWK 1200 před očištěm na třídě č. 2098 [zdroj: autor práce]

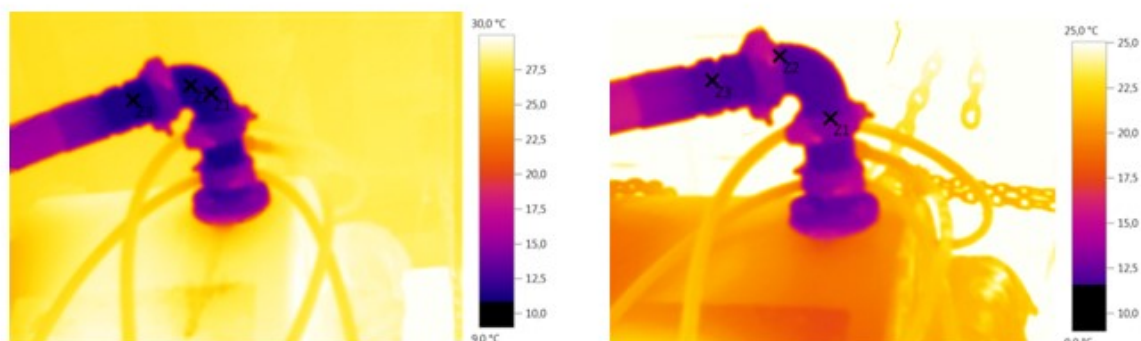


Obrázek 35 - Detail spirály RWK 1200 před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]



Obrázek 36 - RWK 1200 detail trubkovnice během očisty na třídě č. 2098 [zdroj: autor práce]

Snímek přes termokameru



Obrázek 37 - Měřicí body chladicí voda před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]

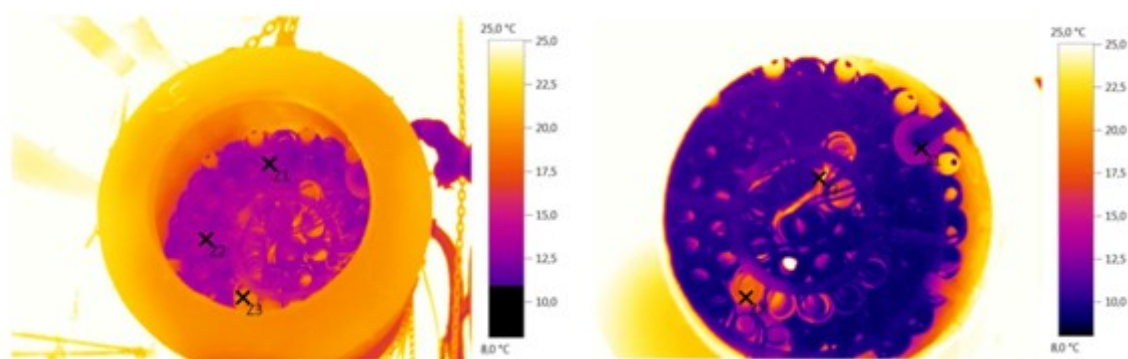
Tabulka 19 - Teploty v měřících bodech na chladicí vodě třída č. 2098

Značené měřicí body	teplota před vyčištěním obr. 37	teplota po vyčištění obr. 37
Bod Z1	11,4	12,7
Bod Z2	11,1	12,9
Bod Z3	10,8	12,1

Tabulka 20 - Výsledné hodnoty měření na chladicí vodě třída č. 2098

Průměrná teplota před vyčištěním	Průměrná teplota po vyčištění	Rozdíl teplot	Rozdíl v %
11,1	12,57	1,47	13,24

Snímek přes termokameru



Obrázek 38 - Měřicí body na spirálách před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]

Tabulka 21 - Teploty v měřících bodech na spirálách třída č. 2098

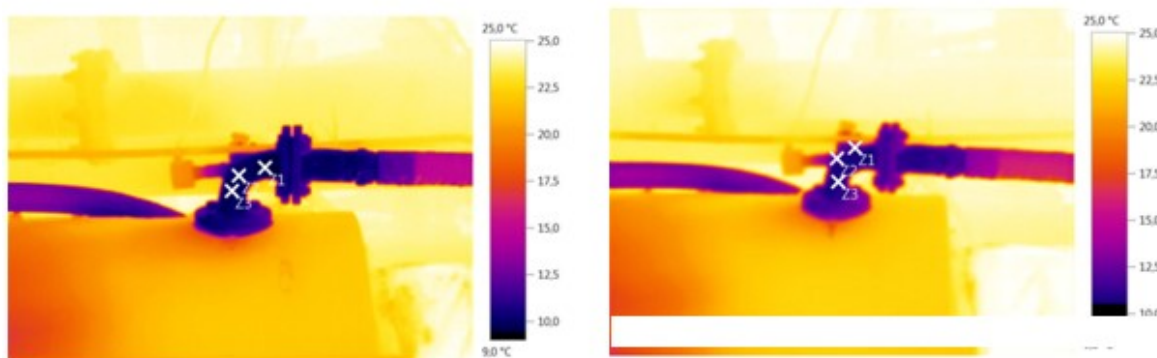
Značené měřící body	teplota před vyčištěním obr. 38	teplota po vyčištění obr. 38
Bod Z1	11,0	12,7
Bod Z2	18,0	13,5
Bod Z3	20,3	18,9

Tabulka 22 - Výsledné hodnoty měření na spirálách třída č. 2098

Průměrná teplota před vyčištěním	Průměrná teplota po vyčištění	Rozdíl teplot	Rozdíl v %
16,43	15,03	1,4	8,52

4.10.4 Důl ČSM – třída č.5000/1

Snímek přes termokameru



Obrázek 39 - Měřící body chladicí voda před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]

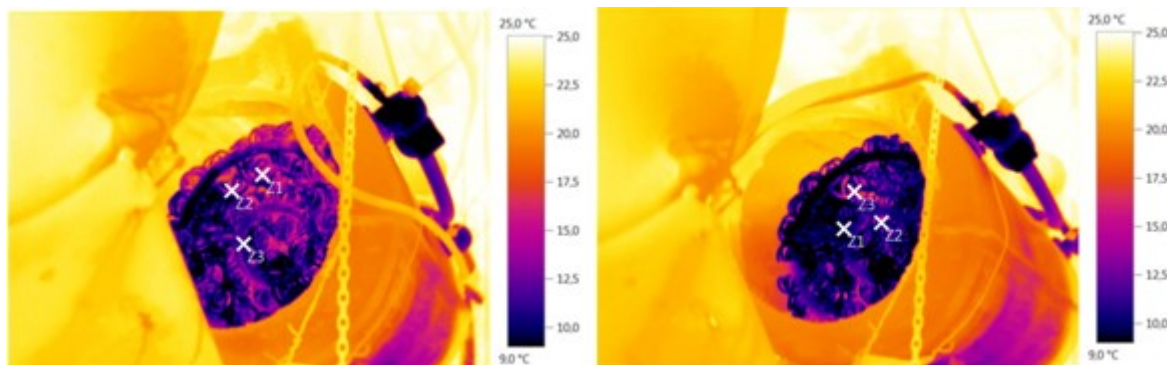
Tabulka 23 - Teploty v měřících bodech na chladicí vodě třída č. 5000/1

Značené měřící body	teplota před vyčištěním obr. 39	teplota po vyčištění obr. 39
Bod Z1	9,5	11,9
Bod Z2	9,8	11,3
Bod Z3	9,8	10,8

Tabulka 24 - Výsledné hodnoty měření na chladicí vodě třída č. 5000/1

Průměrná teplota před vyčištěním	Průměrná teplota po vyčištění	Rozdíl teplot	Rozdíl v %
9,7	11,33	1,63	16,80

Snímek přes termokameru



Obrázek 40 - Teplota měřící body na spirálách před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]

Tabulka 25 - Teploty v měřících bodech na spirálách třída č. 5000/1

Značené měřící body	teplota před vyčištěním obr. 40	teplota po vyčištění obr. 40
Bod Z1	16,9	9,5
Bod Z2	16,4	14,2
Bod Z3	11,3	17,2

Tabulka 26 - Výsledné hodnoty měření na spirálách třída č. 5000/1

Průměrná teplota před vyčištěním	Průměrná teplota po vyčištění	Rozdíl teplot	Rozdíl v %
14,87	13,63	1,24	8,34

4.10.5 Celkové vyhodnocení měření

Výsledná hodnota na chladičí vodě

Tabulka 27 - Výsledné a průměrná hodnoty na chladičí vodě

Umístění chladiče větrů	Rozdíl teplot – voda	Rozdíl v %
340 922	2,67	25,60
340 942	1,37	11,14
2098	1,47	13,24
5000/1	1,63	16,80
Výsledná průměrná hodnota	<u>1,785</u>	<u>16,695</u>

Výsledná hodnota na spirálách

Tabulka 28 - Výsledné a průměrná hodnota na spirálách

Umístění chladiče větrů	Rozdíl teplot – spirály	Rozdíl v %
340 922	3,5	24,82
340 942	1,50	8,46
2098	1,4	8,52
5000/1	1,24	8,34
Výsledná průměrná hodnota	<u>1,91</u>	<u>12,54</u>

4.11 Výpočet chladičího výkonu

Stanovení potřebného chladičího účinku je třeba tzv. čistého chladičího výkonu \bar{Q}_n , který je obecně dán vztahem ^{4.1}).

$$\bar{Q}_n = \frac{Q_n}{\tau} \text{ (kW)} \quad \text{(vztah 4.1)}$$

Kde: Q_n je celkové teplo chlazené látky odváděné (kJ)

τ - čas odvádění tohoto tepla (s)

Čistý chladičí výkon v důlní klimatizaci je ten, který ochlazuje větry v určeném místě na požadovaný stav. Stanoví se pomocí vztahu ^{4.2}).

$$\bar{Q}_n = \dot{m} \Delta h \text{ (kW)} \quad \text{(vztah 4.2)}$$

Kde: \dot{m} - je hmotnostní průtok větrů (kg s^{-1})

$\Delta h = h_1 - \dot{h}_1$ – rozdíl měrných entalpií větrů před ochlazením a po ochlazení (kJ kg^{-1}). Pro různé tepelné ztráty je k zajištění takto stanoveného čistého chladičího výkonu potřeba výkon vyšší, a to tzv. užitečný chladičí výkon \bar{Q}_u , což je chladičí výkon v dohodnutém místě spotřeby chladu. V důlní klimatizaci je to chladič důlních větrů. Užitečný chladičí výkon je dán vztahem ^{4.3}).

$$\bar{Q}_u = \bar{Q}_n + \bar{Q}_{z1} \text{ (kW)} \quad \text{(vztah 4.3)}$$

Do ztrát \bar{Q}_{z1} se zahrnují ty ztráty, které vznikají při vyvozování vlastního chladicího účinku např. únikem chladu do teplých stěn důlních děl, výztuže, dopravníků apod. Do těchto ztrát se počítají i tepelné ztráty z práce elektrických lufnových ventilátorů u chladičů důlních větrů, je dáno vztahem ^{4.4}).

$$\bar{Q}_{z1} = \bar{Q}'_{z1} + \bar{Q}''_{z1} + \bar{Q}'''_{z1} \text{ (kW)} \quad \text{(vztah 4.4)}$$

Kde: \bar{Q}'_{z1} – tepelné ztráty způsobené stlačením větrů ve ventilátoru (kW)

\bar{Q}''_{z1} – vnitřní tepelné ventilátoru (kW)

\bar{Q}'''_{z1} – ostatní tepelné ztráty chladiče (kW)

Pro mé stanovení užitečného chladicí výkon \bar{Q}_u vzhledem k veličinám, které jsou mi známe, budu vycházet ze vzorce pro stanovení potřebného množství chlazené vody. Je dáno vztahem ^{4.5}).

$$\dot{m}_w = \frac{\bar{Q}_u}{c_w \Delta t_w} \text{ (kg s}^{-1}\text{)} \quad \text{(vztah 4.5)}$$

Kde: c_w je měrné teplo vody - 4,19 kJ kg⁻¹ K⁻¹

Δt_w je rozdíl teplot vody na vstupu a výstupu z chladiče (K) (stanoví se dle technických parametrů chladiče, zpravidla $\Delta t = 5$ až maximálně 10 K)

Po úpravě vzorce pro \bar{Q}_u ^{4.6}).

$$\bar{Q}_u = c_w \Delta t_w \dot{m}_w \quad \text{(vztah 4.6)}$$

Hodnoty pro výpočet:

$$\dot{m}_w = 20 \text{ m}^3 \text{h}^{-1} = 5,556 \text{ dm}^3 \text{s}^{-1}$$

$$\Delta t_w = 1,785 \text{ }^\circ\text{C} = 1,785 \text{ K}$$

$$c_w = 4,19 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

\dot{m}_w -hodnota odečtená v provozovně centrální klimatizace

Δt_w - výsledná hodnota z provedeného měření

c_w -měrné teplo vody

$$\bar{Q}_u = c_w \Delta t_w \dot{m}_w = 4,19 \cdot 1,785 \cdot 5,556 = \underline{\underline{41,55 \text{ kW}}} \quad (\text{vztah 4.6})$$

V důsledku znečištění chladiče dojde ke snížení užitečného chladičího výkon o **41,55 kW**.

Vzhledem k tomu, že výrobce fa WAT u chladičů RWK 300 udává štítkový výkon 300 kW u RWK 1200 výkon 250 kW, jedná se o značné snížení chladičího výkonu a citelné snížení účinku chlazení.

5. VYHODNOCENÍ A NÁVRH ŘEŠENÍ DANÉ PROBLEMATIKY

Z provedených měření a po zkušenostech z provozu je zřejmé, že zabývat se problematikou znečištění chladičů větrů je opodstatněné. Během dlouhodobého provozu dochází k zanášení chladičů větrů a v zájmu vytvoření optimálního pracovního prostředí je, aby chladiče byly provozovány na plný výkon. Během provozu přicházíme na nové možnosti, jak toho docílit. Jedná se o technické úpravy stávajících chladičů ale i výrobci v návaznosti na provozní zkušenosti přicházejí s novými prvky výbavy u nových chladičů, které lze s velmi dobrou účinností použít na již provozovaných chladičích větrů v OKD.

5.1 Návrh dovybavení stávajících chladičů větrů RWK 300 a RWK 1200

Zkušební provoz CPW 300

V roce 2016 byl na dole Darkov testován a na základě dobrých provozních výsledků i zakoupen chladič větrů CPW 300 od firmy Wichary Technologies. Ten byl vybaven mimo jiné elektronickým časováním ostříku spirál, kdy v pravidelných intervalech, nezávisle na lidském faktoru, docházelo k automatickému zprovoznění ostříku spirál. Tento způsob se osvědčil, ale vzhledem k tomu, že v OKD a.s. se požívají již dříve zakoupené chladiče větrů typu RWK 300, RWK 1200 a vzhledem ke konstrukci i z finančních důvodů toto řešení není vhodné pro případnou úpravu stávajících chladičů větrů.



Obrázek 41 - Chladič CPW 300 [zdroj: autor práce]

Klady zařízení:

- přímo na skříní chladiče je umístěna řídicí jednotka (PC) s vizuální kontrolou hodnot, možnost vyvedení sledování do systému SGS
- je měřeno průtočné množství spotřebované chladicí vody,
- je měřena teplota vstupní chladicí vody,
- je měřena teplota výstupní chladicí vody,
- je vypočten chladicí výkon,
- je možnost nastavení časovačem automatického ostříku (očista trubkovnic), nastavení intervalů a doby ostříku.

U chladičů RWK dochází k zanášení trubkovnic a postupnému snižování výkonu a nutnosti odkrytování a ručního čištění, v tomto ohledu je CPW 300 bezobslužný a zaručuje neustále plný chladicí výkon.



Obrázek 42 - Řídicí jednotka a elektromagnetický ventil CPW 300 [zdroj: autor práce]

Na základě dobrých zkušeností s provozem CPW 300, doporučuji dovybavit chladiče větrů RWK 300 a RWK 1200 podobným systémem automatického ostříku měděného výměníku.

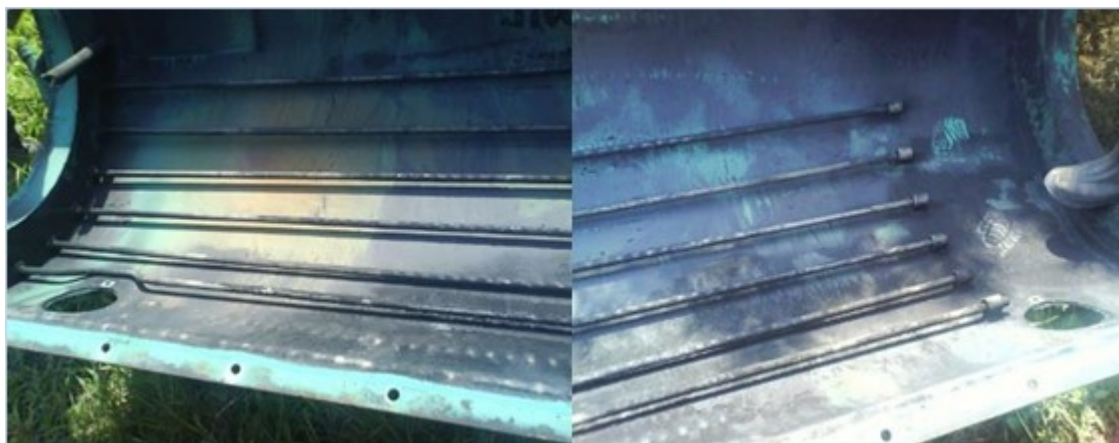
Firma WAT (Wärme-Austausch-Technik GmbH) má v nabídce podobný systém zaručující bezproblémovou očistu. Nákupem této technologie by došlo k výraznému zlepšení funkce chladičů.



Obrázek 43 - Chladič RWK 300 se systémem časování ostříku [6]

5.2 Návrh technického řešení

Hlavní problém v zanášení chladičů vidím v nedostatečném množství vody určené k očištění spirálového výměníku. Trysky umístěné ve víku výrobcem nezaručují dokonalou očištění a často dochází k jejich zanesení a celkovému ucpání. Často jsme nuceni trysky demontovat a vyměnit za nové.



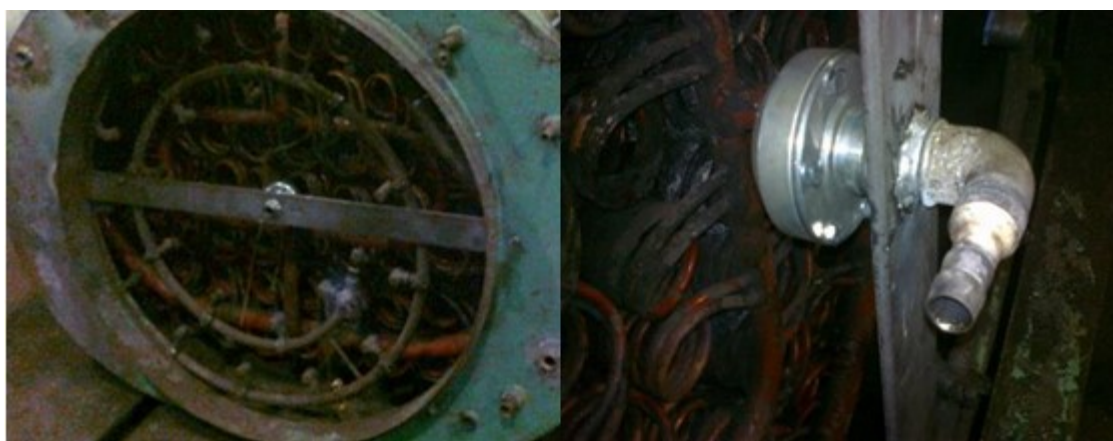
Obrázek 44 - Trysky pro ostřík ve víku chladiče RWK 300 [zdroj: autor práce]

Problém je také v lamelách umístěných na výstupu z chladiče, které mají zamezit výstřiku kondenzované vody z chladiče a tím omezit zvýšení vlhkosti v důlním díle. Zcela znemožňují jakoukoliv očištění a ze zkušeností vím, že právě na lamelách dochází k největšímu usazování hrubých nečistot.



Obrázek 45 - Lamely na výstupu z chladiče RWK 300 [zdroj: autor práce]

Řešením, které již delší dobu a s úspěchem používáme, je úplné odstranění lamel na výstupu z chladiče a instalace dodatečného postřiku. Instalací postřikové růžice, která se standardně používá v dolech v boji s prašností na přesypech pásových dopravníků nebo dobývacích strojích, docílíme vyšší intenzity ostříku a tím dokonalejší očistu spirálového výměníku. Místo růžice se také osvědčila instalace 3-5 ks trysek přímo do středu výměníku. Oba tyto způsoby dodatečně instalovaných postřiků jsou napojeny na rozvod trysek dodávaných výrobcem pomocí tlakových hadic. Pro výrobu bylo použito materiálu běžně dostupného v provozu a samotná instalace nevyžaduje další náklady v podobě výklizu a náklizu technologie. Všechny práce spojené s instalací dodatečného postřiku jsme schopni realizovat v místě instalace chladiče větrů v časovém úseku max. jedné směny.



Obrázek 46 - Detail instalace postřikové růžice do chladiče větrů [zdroj: autor práce]

Provozem bylo již ověřeno, že všechna tato opatření přispívají k výraznému zlepšení provozuschopnosti chladičů a k zjednodušení jejich očisty. Nadále však jsme závislí na lidském faktoru a dodržování technologické kázně.

6. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo poukázat na to, jak znečištění chladičů větrů může ovlivnit mikroklimatické podmínky na pracovištích.

Při současných mikroklimatických podmínkách, které panují v dolech OKD, je nutné využívat všechny dostupné prostředky k tomu, abychom vytvořili odpovídající pracovní prostředí. Zlepšení mikroklimatických podmínek znamená nejen zlepšení pracovních podmínek, ale i efektivní využití pracovní doby, snížení počtu úrazů a zvýšení bezpečnosti práce.

Při prováděných měřeních a následných výpočtech jsem prokázal, že pokud se neprovádí pravidelná údržba, dochází k značnému znečištění chladičů větrů. Chladiče větrů přestávají plnit funkci chladičů, a naopak se stávají zdroji oteplení důlního ovzduší. Ve výpočtech mikroklimatických poměrů pro různá důlní pracoviště se mnohdy pohybujeme na hranici, kdy lze ještě předmětné pracoviště provozovat nebo stanovit režim přestávky a kdy již z hygienických důvodů musí být pracoviště zastaveno.

V bakalářské práci [5] jsem řešil pomocí programu TPCL klimatizaci porubu č.40902 na dole Darkov. Z výsledků výpočtu vyplynulo, že navržené řešení klimatizace porubu dvěma chladiči na úvodní třídě a dvěma chladiči na výdušné třídě bylo optimální.

S ohledem na výsledky měření a výstupy diplomové práce týkající se reálné možnosti negativního snížení výkonů chladičů vlivem znečištění na hodnoty uvedené v kapitole 4.11 by počet a rozmístění chladičů již nevyhovoval. Nákupem a dovybavením stávajících chladičů větrů a realizací mnou navržené technické úpravy chladičů větrů, dojde k celkovému zlepšení chladicího účinku a údržba bude prováděna automaticky s možností sledování na zobrazovacích jednotkách.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PROKOP, P.: *Větrání, degazace a klimatizace dolů II*, Skriptum VŠB – TU Ostrava, 2007
- [2] P (Prokop, 2013)ROKOP, P., ZAPLETAL, P.: *Větrání dolů a lomů*, Skriptum VŠB – TU Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3295-1
- [3] *Typizační směrnice větrání dolů*, Ostrava 2013
- [4] GIBESOVÁ B. *PRAŠNOST NA PRACOVIŠTÍCH V DOLECH OKD, a.s., PO ZAVEDENÍ TECHNOLOGIÍ POP 2010. Diplomová práce VŠB – TU Ostrava květen 2012.*
- [5] JEŽÍŠEK D. *NÁVRH ZPŮSOBU KLIMATIZACE PORUBU 40 902. Bakalářská práce VŠB – TU Ostrava květen 2018*

Elektronické zdroje:

- [6] Katalog firmy WAT. Dostupné dne 24.4.2020 z:
<https://www.wat-klima.com/de/>
- [7] Katalog firmy Linde-gas. Dostupné dne 24.4.2020 z:
https://www.linde-gas.cz/cs/produkty_and_zasobovani/index.html
- [8] Katalog firmy Gascontrol. Dostupné dne 24.4.2020 z:
<https://www.gascontrol.cz/energeticke-a-prumyslove-technologie/dulni-technologie/#chladici-systemy>
- [9] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. ze dne 28.12.2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů. Dostupné dne 1.4.2018 z:
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Kompresorová jednotka DV 150 [zdroj: autor práce].....	5
Obrázek 2 - Komora centrální klimatizace [zdroj: autor práce]	6
Obrázek 3 - Systém chlazení větrů Důl ČSM [8]	12
Obrázek 4 - Budova povrchové centrální klimatizace Důl ČSM [8]	12
Obrázek 5 - Provozovna centrální klimatizace Důl ČSM [8]	13
Obrázek 6 - Kompresorová jednotka Důl ČSM [8]	13
Obrázek 7 - trojkomorový výměník v důlní provozovně SIEMAG [8]	14
Obrázek 8 - budova povrchové centrální klimatizace na dole Karviná [zdroj: autor práce]	15
Obrázek 9 - Komora centrální klimatizace důl Darkov [zdroj: autor práce]	16
Obrázek 10 - Kompresorová jednotka IDV 600 důl Darkov [zdroj: autor práce]	16
Obrázek 11 - Chladič větrů RWK 300 [3].....	32
Obrázek 12 - Chladič důlních větrů RWK 1200 [3]	33
Obrázek 13 - Schéma chladičů větrů RWK 300 [3]	33
Obrázek 14 - Příklad chladiče RWK 300 před očištěm na povrchu [zdroj: autor práce]	34
Obrázek 15 - Příklad chladiče RWK 300 před očištěm na povrchu [zdroj: autor práce]	35
Obrázek 16 - Příklad chladiče RWK 300 před očištěm na povrchu [zdroj: autor práce]	35
Obrázek 17 - Detail trubkovnice chladiče větrů RWK 300 před očištěm [zdroj: autor práce]	36
Obrázek 18 - Detail lamel na výstupu z chladiče RWK 300 [zdroj: autor práce]	36
Obrázek 19 - Trubkovnice chladiče větrů RWK 300 po očištění [zdroj: autor práce]	37
Obrázek 20 - Chladič větrů RWK 300 po opravě [zdroj: autor práce]	37
Obrázek 21 - Víko chladiče větrů RWK 300 s tryskami [zdroj: autor práce]	38
Obrázek 22 - Chladič RWK 300 před a po celkové očištění na povrchu [zdroj: autor práce]	40
Obrázek 23 - Umístění chladiče RWK 300 na třídě č. 2071 [zdroj: autor práce].....	40
Obrázek 24 - Detail trubkovnice chladiče RWK 300 na třídě č. 2071 při očištění, před druhou fází měření [zdroj: autor práce]	44
Obrázek 25 - Chladič větru RWK 300 před očištěm (vlevo) a po očištění (vpravo) [zdroj: autor práce].....	49
Obrázek 26 - Měřící body teploty vody před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]	49

Obrázek 27 - Měřicí body spirály před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce].....	50
Obrázek 28 - Umístění RWK 300 na třídě č. 340 942 [zdroj: autor práce].....	51
Obrázek 29 - RWK 300 před očištěm na třídě č. 340 942 [zdroj: autor práce].....	51
Obrázek 30 - Detail trubkovnice RWK 300 před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]	52
Obrázek 31 - Měřicí body chladicí voda před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]	52
Obrázek 32 - Měřicí body na spirálách před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]	53
Obrázek 33 - Umístění chladiče RWK 1200 na třídě č. 2098 [zdroj: autor práce].....	54
Obrázek 34 - RWK 1200 před očištěm na třídě č. 2098 [zdroj: autor práce].....	54
Obrázek 35 - Detail spirály RWK 1200 před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]	55
Obrázek 36 - RWK 1200 detail trubkovnice během očištěm na třídě č. 2098 [zdroj: autor práce]	55
Obrázek 37 - Měřicí body chladicí voda před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]	56
Obrázek 38 - Měřicí body na spirálách před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]	56
Obrázek 39 - Měřicí body chladicí voda před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]	57
Obrázek 40 - Teplota měřicí body na spirálách před vyčištěním (vlevo) a po vyčištění (vpravo) [zdroj: autor práce]	58
Obrázek 41 - Chladič CPW 300 [zdroj: autor práce]	62
Obrázek 42 - Řídící jednotka a elektromagnetický ventil CPW 300 [zdroj: autor práce] ..	63
Obrázek 43 - Chladič RWK 300 se systémem časování ostříku [6]	64
Obrázek 44 - Trysky pro ostřík ve víku chladiče RWK 300 [zdroj: autor práce]	64
Obrázek 45 - Lamely na výstupu z chladiče RWK 300 [zdroj: autor práce]	65
Obrázek 46 - Detail instalace postřikové růžice do chladiče větrů [zdroj: autor práce]	65

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Teploty hornin v OKD.....	3
Tabulka 2 - Technické parametry chladiva R 717 [7].....	8
Tabulka 3 - Technické parametry chladiva R134a [7]	9
Tabulka 4 - Technické parametry chladiva R449a [7]	10
Tabulka 5 - Třídy práce podle průměrného energetického výdeje (EV) na důlním pracovišti [3].....	22
Tabulka 6 - průměry částic prachu.....	30
Tabulka 7 - Vývoj prašnosti na dole Darkov.....	31
Tabulka 8 - Fáze měření.....	41
Tabulka 9 - Hodnoty 1. fáze měření.....	42
Tabulka 10 - Hodnoty 2. fáze měření.....	45
Tabulka 11 - Teploty v měřících bodech na chladicí vodě třída č. 340 922	49
Tabulka 12 - Výsledné hodnoty měření na chladicí vodě třída č. 340 922	50
Tabulka 13 - Teploty v měřících bodech na spirálách třída č. 340 922	50
Tabulka 14 - Výsledné hodnoty měření na spirálách třída č. 340 922.....	50
Tabulka 15 - Teploty v měřících bodech na chladicí vodě třída č. 340 942	52
Tabulka 16 - Výsledné hodnoty měření na chladicí vodě třída č. 340 942	52
Tabulka 17 - Teploty v měřících bodech na spirálách třídy č. 340 942	53
Tabulka 18 - Výsledné hodnoty měření na spirálách třída č. 340 942.....	53
Tabulka 19 - Teploty v měřících bodech na chladicí vodě třída č. 2098	56
Tabulka 20 - Výsledné hodnoty měření na chladicí vodě třída č. 2098.....	56
Tabulka 21 - Teploty v měřících bodech na spirálách třída č. 2098	57
Tabulka 22 - Výsledné hodnoty měření na spirálách třída č. 2098.....	57
Tabulka 23 - Teploty v měřících bodech na chladicí vodě třída č. 5000/1	57
Tabulka 24 - Výsledné hodnoty měření na chladicí vodě třída č. 5000/1	57
Tabulka 25 - Teploty v měřících bodech na spirálách třída č. 5000/1	58
Tabulka 26 - Výsledné hodnoty měření na spirálách třída č. 5000/1.....	58
Tabulka 27 - Výsledné a průměrná hodnoty na chladicí vodě	58
Tabulka 28 - Výsledné a průměrná hodnota na spirálách	59

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Stanovení oblastí bez a s přestávkami pro EV III [8]	4
Graf 2 - Vývoj prašnosti Darkov.....	31
Graf 3 - vstupní hodnoty 1. fáze měření z 19. 04. 2020	42
Graf 4 - 1.fáze měření - rozdíl teplot vody ΔT °C	43
Graf 5 – 1. fáze měření - míra znečištění v % od začátku měření	43
Graf 6 - vstupní hodnoty 2. fáze měření z 30. 04. 2020	45
Graf 7 - 2. fáze měření - rozdíl teplot vody ΔT °C	46
Graf 8 - 2. fáze měření - míra znečištění v % od začátku měření.....	46
Graf 9 - Porovnání 1. a 2. fáze měření - rozdíl teplot vody ΔT °C	47
Graf 10 - Porovnání 1. a 2. fáze měření - míra znečištění v % od začátku měření.....	48